

Conference Proceedings, Published Version

**Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.)**

## **Verfahren des Spezialtiefbaus**

Kolloquium am 05. und 06. Juni 2019

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106512>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2019): Verfahren des Spezialtiefbaus. Karlsruhe:  
Bundesanstalt für Wasserbau.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



# BAWKolloquium

## Tagungsband

Verfahren des Spezialtiefbaus

5. und 6. Juni 2019







## Programm

**Mittwoch, 5. Juni 2019**

**13:30 Uhr      Begrüßung**

*Prof. Dr.-Ing. Christoph Heinzelmann (BAW)*

**13:40 Uhr      Einführung**

*Dr.-Ing. Jan Kayser (BAW)*

Die Techniken des Spezialtiefbaus sind eng mit den weit gespannten Eigenschaften des Baugrunds verbunden. Was muss der Spezialtiefbauer über den Baugrund wissen, und wie können diese Informationen gewonnen und weitergegeben werden?

**14:00 Uhr      Pfahlssysteme und Beton im Spezialtiefbau**

*Dr.-Ing. Karsten Beckhaus (Bauer Spezialtiefbau GmbH, Schrobenuhausen)*

Im Spezialtiefbau kommen verschiedene Pfahlssysteme zum Einsatz. Besonders anspruchsvoll werden Planung und Herstellung von Tiefgründungen oder auch Stützwänden, wenn die Bohrungen unter Wasser bzw. unter einer Stützsuspension herzustellen sind. Zwei neue Leitfäden für Kontraktorbeton und Stützflüssigkeiten enthalten qualitätsrelevante Empfehlungen, die im Wesentlichen auf dem sogenannten Performance Konzept beruhen und aktuelle Normen sinnvoll ergänzen.

**14:30 Uhr      Düsenstrahlverfahren und Injektionen - Design - Ausführung - Qualitätssicherung**

*Dipl.-Ing. Paul Pandrea (Keller Holding GmbH, Offenbach)*

Düsenstrahlverfahren und Injektionen gehören zu den vielseitigsten Verfahren in der Geotechnik. Das Anwendungsspektrum reicht von der Baugrundverbesserung über die Herstellung von tragenden Bauteilen bis zur Abdichtung. Innovationen finden heute im Bereich der Optimierung und Automatisierung bei Werkzeug und Gerät, der Qualitätssicherung mit digitalen Applikationen und bei der Umweltverträglichkeit statt. Die zugehörigen überarbeiteten europäischen Ausführungsnormen EN 12715 und EN 12716 versuchen, diesen neuen Stand der Technik abzubilden.

**15:00 Uhr      Die neue Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen für Wasserstraßen (VV TB-W)**

*Dipl.-Ing. Gabriele Peschken (BMVI)*

Das EuGH-Urteil C-100/13 vom 16. Oktober 2014 hat auch für den Geschäftsbereich der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes grundsätzliche Bedeutung. Demzufolge wurden die bisher im TR-W enthaltene Wasserstraßenspezifische Liste Technischer Baubestimmungen sowie die darin enthaltenen Bauregellisten der Länder durch eine „Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen - Wasserstraßen (VV TB-W)“ ersetzt. Der Vortrag beleuchtet Gliederung und Inhalte der neuen VV.

**15:30 Uhr      Pause**



**16:15 Uhr Nassbagger- und Steinarbeiten für die Bundeswasserstraßen und angrenzende Gewässer im Binnenbereich**

*Dipl.-Ing. Thomas Groß (Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V., Berlin)*

Die Durchführung von Nassbaggerarbeiten, insbesondere zur Gewässerunterhaltung, sowie Steinarbeiten zur Uferbefestigung, für Kolkverbauten und Buhnen gehören zu immer wiederkehrenden Aufgaben im Wasserbau. Der Beitrag soll insbesondere baupraktische Aspekte der Verfahren und Möglichkeiten, die zur Anwendung kommen können, darstellen, aber auch deren Grenzen aufzeigen. Besonders sollen auch die Genauigkeiten der einzelnen Verfahren, die erreicht werden können, beleuchtet werden. Hieraus ergeben sich wertvolle Hinweise für die Planung, Ausführung und Qualitätssicherung derartiger Maßnahmen.

**16:45 Uhr Wasserhaltung, Grundwassermanagement und digitales Monitoring**

*Dipl.-Ing. Henning Thormann (Brunnenbau Conrad GmbH, Bad Langensalza)*

Aus Wasserhaltung wird Grundwassermanagement. Der Einzug der Digitalisierung und Datenfernübertragung auf den Baustellen bringt viele Vorteile bei der Überwachung und Steuerung der Anlagen. Durch die Optimierung der Prozesse können Ressourcen geschont, Kosten eingespart und der Betrieb der Anlagen sicherer gestaltet werden. Im Vortrag werden die Grundlagen erläutert und Beispiele von ausgeführten Baustellen gezeigt.

**17:15 Uhr Planen-und-Bauen-Modelle – Chancen für ein partnerschaftliches Bauen im Spezialtiefbau**

*Dipl.-Ing. Thomas Rosenstein (GDWS)*

*Karl-Heinz Heller (PD - Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland), Berlin)*

Lange Planungsphasen, schwierige Vertragsabwicklung und Bauzeitenverlängerungen prägen zurzeit die Abwicklung größerer Bauprojekte. Als ein Lösungsansatz werden der stärkere Dialog und eine frühzeitige Einbindung der Wirtschaft im Rahmen von Planen-und-Bauen-Modellen gesehen. Ausgehend vom Hochbau, wo bereits ausreichende Erfahrungen vorliegen, sollen auch Erfahrungen mit dem Modell im Wasserbau gesammelt werden.

**18:00 Uhr Abendessen**

## Programm

**Donnerstag, 6. Juni 2019**

**08:30 Uhr      Der LCPC-Versuch zur Bestimmung der Abrasivität von Boden**

*Dipl.-Ing. Annette Richter (BAW)*

Mit Einführung der Homogenbereiche fordert die VOB/C für Bohrarbeiten, Rohrvortriebsarbeiten und Horizontalspülbohrarbeiten die Angabe der Abrasivität von Boden, bestimmt durch den LCPC-Versuch. Anhand der Versuchstechnik und den Bodeneigenschaften werden die Anwendungsgrenzen dieses Versuchs aufgezeigt.

**09:00 Uhr      Neuere Entwicklungen in der Schlitzwandtechnik**

*Prof. Dr.-Ing. Matthias Pulsfort (Bergische Universität Wuppertal)*

Stahlbeton-Schlitzwände bis 2,0 m Wandstärke kommen nicht nur als reiner Baugrubenverbau, sondern auch als Bestandteil des endgültigen Bauwerks für Schleusenbauwerke in Frage. Hier soll über neuere Erkenntnisse zur Eignung von Frischbeton bei Stahlbeton-Schlitzwänden und zu dessen Qualitätssicherung berichtet werden. Darüber hinaus soll der Einsatz von Polymer-Lösungen als Stützflüssigkeit erläutert werden, ebenso der Nachweis der äußeren Standsicherheit für Schlitzwandlamellen mit T- oder L-förmiger Grundrissform.

**09:30 Uhr      Einflüsse der Ramm- und Vibrationstechnik auf Planung und Bauablauf**

*Dipl.-Ing. Sebastian Höhmann (F+Z Baugesellschaft, Hamburg)*

Die bei der Herstellung von Spundwand- und Gründungselementen verwendete Ramm- und Vibrationstechnik hat teilweise einen erheblichen Einfluss auf die Planungs- und Bauprozesse. Das beauftragte Bauunternehmen bringt jeweils seine eigenen Kompetenzen, Konzepte und Gerätetechnik zur Umsetzung der Baumaßnahme mit. Im Rahmen des Vortrages wird ein Überblick der Einsatzmöglichkeiten von Geräten, Rammtechnik und deren Auswirkungen gegeben.

**10:00 Uhr      Pause**

**10:45 Uhr      Verankerungen mit Verpressankern und Mikropfählen – Bemessung, Ausführung und Prüfung**

*Dipl.-Ing. Klaus Dietz (Dietz Geotechnik Consult GmbH, Hilden)*

Seit einigen Jahren werden verstärkt sowohl Verpressanker als auch Mikropfähle zur Rückverankerung von Stützbauwerken im Wasserbau eingesetzt. Es werden Hinweise zur Bemessung, Ausführung und Prüfung auf Grundlage der aktuellen Normung gegeben. Außerdem wird auf Unterschiede bei der Anwendung der Zuelemente eingegangen und es werden neue Entwicklungen in diesem Bereich vorgestellt.



**11:15 Uhr      Das Projekt Neue Schleusen DEK-Nord und die praktische Anwendung verschiedener Bauverfahren**

*Dipl.-Ing. Birgit Maßmann (WNA Datteln)*

Das Projekt zum Ersatz von fünf Schleusenbauwerken an der DEK-Nordstrecke des Dortmund-Ems-Kanals befindet sich seit 2008 in der Bearbeitung beim Wasserstraßen-Neubauamt Datteln. Seit April 2016 werden Baumaßnahmen am Schleusenstandort Gleesen umgesetzt. In Abhängigkeit von den öffentlich-rechtlichen und standortbezogenen Anforderungen werden die Planungen sowie die Baumaßnahmen und ihre Bauverfahren vorgestellt.

**11:45 Uhr      Schlussworte**

*Dr.-Ing. Markus Herten (BAW)*

**12:15 Uhr      Ende der Veranstaltung**

## Liste der Referenten

Beckhaus, Dr. Karsten	Bauer Spezialtiefbau GmbH Bauer-Str. 1 86529 Schrobenhausen karsten.beckhaus@bauer.de
Dietz, Klaus	Dietz Geotechnik Consult GmbH Zur Bredharter Heide 22 40723 Hilden klaus.dietz@dietz-geotechnik.de
Groß, Thomas	Bundesfachabteilung Wasserbau, Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. Kurfürstenstr. 129 10785 Berlin Thomas.gross@huelskens.de
Heller, Karl-Heinz	PD - Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Friedrichstr. 149 10117 Berlin Karl-Heinz.Heller@pd-g.de
Höhmnn, Sebastian	F+Z Baugesellschaft Hans-Henny-Jahnn-Weg 49 22085 Hamburg s.hoehmann@fz-bau.de
Kayser, Dr. Jan	Bundesanstalt für Wasserbau Kußmaulstr. 17 76187 Karlsruhe jan.kayser@baw.de
Maßmann, Birgit	Wasserstraßen-Neubauamt Datteln Speckstraße 1 45711 Datteln Birgit.Massmann@wsv.bund.de
Pandrea, Paul	Keller Holding GmbH Kaiserleistr. 8 63067 Offenbach p.pandrea@kellerholding.com



Peschken, Gabriele	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Referat WS 12 – Technik der Wasserstraßeninfrastruktur Robert-Schuman-Platz 1 53175 Bonn Gabriele.Peschken@bmvi.bund.de
Pulsfort, Prof. Dr. Matthias	Bergische Universität Wuppertal Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen Lehr- und Forschungsgebiet Geotechnik Pauluskirchstr. 7 42285 Wuppertal pulsfort@uni-wuppertal.de
Richter, Annette	Bundesanstalt für Wasserbau Kußmaulstr. 17 76187 Karlsruhe annette.richter@baw.de
Rosenstein, Thomas	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt Ulrich-von-Hassell-Straße 76 53123 Bonn thomas.rosenstein@wsv.bund.de
Thormann, Henning	Brunnenbau Conrad GmbH Brunnenbau-Conrad-Straße 1 99947 Bad Langensalza h.thormann@brunnenbau-conrad.email

## Teilnehmerliste

Name	Firma	Ort
Albiker, Dr. Johannes	WKC Hamburg GmbH	Hamburg
Assaminew, Wuttet	Dorsch International Consultants GmbH	München
Assaminew, Wuttet Taffesse	Dorsch International Consultants München	München
auf der Heiden, Axel	ArcelorMittal Commercial Long Deutschland GmbH	Ötigheim
Bardenhagen, Marco	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Tönning	Tönning
Bauer, Dr. Jörg	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Becker, Dr. Andreas	Technische Universität Kaiserslautern	Kaiserslautern
Becker, Gregor	Johann Bunte Bauunternehmung GmbH & Co. KG	Ahaus
Beckhaus, Dr. Karsten	Bauer Spezialtiefbau GmbH	Schrobenhausen
Behrends, Uta	Amt für Neckarausbau Heidelberg	Heidelberg
Beier, Claudia	Wasserstraßen-Neubauamt Aschaffenburg	Aschaffenburg
Bergholz, Katharina	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Bezzo, Michael	ArcelorMittal Commercial Long Deutschland GmbH	Ötigheim
Böhm, Sebastian	Implenia Spezialtiefbau GmbH, Civil Engineering - Special Foundations - Geschäftsstelle Rhein Ruhr	Essen
Bohnert, Frank	WALD + CORBE Consulting GmbH	Hügelsheim
Bröring, Tim	Johann Bunte Bauunternehmung GmbH & Co.KG	Ahaus
Brötzmann, Jascha	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH & Co.KG	Frankfurt
Brüggenbrock, Katrin	Wasserstraßen-Neubauamt Datteln	Datteln
Dietz, Klaus	Dietz Geotechnik Consult GmbH	Hilden
Eberhardt, Kristine	Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg	Magdeburg
Efthymiou, Georgia	Technische Universität Kaiserslautern	Kaiserslautern
Fändrich, Thomas	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Neckar	Heidelberg



Name	Firma	Ort
Fauser, Tina	Amt für Neckarausbau Heidelberg	Heidelberg
Franz-Josef, Focks	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Rheine	Rheine
Frentzel-Schirmacher, Anka	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Gramlich, Fritz	Hülskens Wasserbau GmbH & Co. KG	Wesel
Gregor, Oliver	ArcelorMittal Commercial Long Deutschland GmbH	Hagen
grewe, sigrid	Wasserstraßen-Neubauamt Datteln	Datteln
Groß, Thomas	Bundesfachabteilung Wasserbau, Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.	Berlin
Gündling, Norbert	Geotechnik Gündling GmbH	Darmstadt
Haas, Andreas	Dorsch International Consultants GmbH, Bereich Wasser & Umwelt	München
Habermehl, Ralf	IBES Baugrundinstitut GmbH	Neustadt
Hägle, Julian	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Freiburg	Freiburg
Hähl, Jörn	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Uelzen	Uelzen
Heibaum, Dr. Michael		Stutensee
Heller, Karl-Heinz	PD - Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland)	Berlin
Henkel, Jaron	Arcadis Germany GmbH	Hamburg
Herbort, Johannes	grbv Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG	Hannover
Herten, Dr. Markus	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Hoffmann, Sven	O+P Geotechnik GmbH	Hamburg
Höhmman, Sebastian	F+Z Baugesellschaft	Hamburg
Janssen, Henning	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Uelzen	Uelzen
Jarisch, Alexander	Tractebel Hydroprojekt GmbH	Weimar
Jehle, Jens	KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH	Darmstadt
Jenrich, Dr. Holger	SBE Jenrich Ingenieurgesellschaft mbH	Gommern

Name	Firma	Ort
Kasprzak, Dany Michaela	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Hamburg	Hamburg
Kastner, Corinna	Amt für Neckarausbau Heidelberg	Heidelberg
Kayser, Dr. Jan	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Klippenstein, Artur	Wasserstraßen-Neubauamt Helmstedt	Helmstedt
Knöchel, Arno	HPC AG	Rottenburg
Köbke, Sandra	NBA Hannover Dienstort Geesthacht	Geesthacht
Kolbersberger, Jakob	WNA Aschaffenburg - Baubüro Kriegenbrunn	Erlangen OT Kriegenbrunn
Krell, Siegfried	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Hamburg	Hamburg
Kunz, Norbert	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Kunze, Jürgen	Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft mbH	Kleinostheim
Latte, Dr. Sören	Ramboll GmbH	Hamburg
Liebrecht, Arno	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Uelzen	Uelzen
Lind, Andre	Johann Bunte Bauunternehmung GmbH & Co. KG	Ahaus
Lux, Ingo	Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV)	Pirna
Mähder, Jörg	Wasserstraßen-Neubauamt Datteln	Datteln
Maßmann, Birgit	Wasserstraßen-Neubauamt Datteln	Datteln
May, Günter	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Schweinfurt	Schweinfurt
Mertes, Raymund	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Trier	Trier
Meyer, Viktoria	IFB Eigenschenk GmbH	Deggendorf
Michalz, Eva-Maria	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt	Bonn
Michel, Tatjana	Ingenieurbüro für Spezialtiefbau - Sauer	Kirn
Müller, Hilmar	Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe	Karlsruhe
Müller, Kornelius	Amt für Neckarausbau Heidelberg	Heidelberg

Name	Firma	Ort
Neif, Simon	Sweco GmbH	Hannover
Nguyen, Anh Duy	Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft mbH	Kleinostheim
Nowakowski, Bernd	Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg	Magdeburg
Otten, Dr. Stefan	Borchert Ingenieure GmbH & Co. KG	Essen
Pachomow, Daniel	grbv Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG	Hannover
Pahl, Mirjam	Amt für Neckarausbau Heidelberg	Heidelberg
Pandrea, Paul	Keller Holding GmbH	Offenbach
Paß, Johannes	Wasserstraßen-Neubauamt Datteln	Datteln
Peschken, Gabriele	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur Referat WS 12 – Technik der Wasserstraßeninfrastruktur	Bonn
Pfau, Tim	WKC Hamburg GmbH	Hamburg
Pfeil, Marcus	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Magdeburg	Magdeburg
Pommerening, Dr. Dieter	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH & Co.KG	Frankfurt
Pulsfort, Prof. Dr. Matthias	Bergische Universität Wuppertal Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen Lehr- und Forschungsgebiet Geotechnik	Wuppertal
Puscher, Christian	Bundesanstalt für Wasserbau	Hamburg
Renk, Dr. Daniel	Ingenieurgruppe Geotechnik Hintner•Renk•Scherzinger•Wunsch Partnerschaft mbB Beratende Ingenieure	Kirchzarten
Reschke, Dr. Thorsten	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Richter, Annette	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Rosenstein, Thomas	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt	Bonn
Rückriem, Tobias	König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH Leipzig	Leipzig
Safai, Keyvan	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH & Co.KG	Frankfurt

Name	Firma	Ort
Sauer, Daniel	Ingenieurbüro für Spezialtiefbau - Sauer	Kirn
Schadwinkel, Werner	UNGER ingenieure Ingenieurgesellschaft mbH	Freiburg
Schellhase, Frank	Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg	Magdeburg
Schmid, Helmut	Ingenieurbüro Dr. Gebler	Walzbachtal
Schnapper, Michael	Franki Grundbau GmbH	Leinfelden- Echterdingen
Schneider, Agnes	Ramboll GmbH	Hamburg
Schuh, Peter	UNGER ingenieure Ingenieurgesellschaft mbH	Offenburg
Schum, Stefan	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH & Co.KG	Frankfurt
Schuppener, Dr. Bernd		Eggenstein- Leopoldshafen
Schütze, Thomas	Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg	Magdeburg
Seibel, Elisabeth	Technische Universität Kaiserslautern FG Bodenmechanik und Grundbau	Kaiserslautern
Sieler, Ulrich	TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH	Nürnberg
Siemke, Rainer	WTM Engineers	Hamburg
Simmnacher, Thomas	Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG	München
Sommerwerk, Marco	Tractebel Hydroprojekt GmbH	Weimar
Spang, Katharina	Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH	karlsruhe
Sperber, Antje	Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg	Magdeburg
Spörel, Dr. Frank	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Stein, Dr. Jürgen	Bundesanstalt für Wasserbau	KA
Steinlage, Jens	Implenia Spezialtiefbau GmbH, Geschäftsstelle Mannheim	Mannheim
Steinmann, Frank	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Uelzen	Uelzen
Stelzer, Oliver	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Strakeljahn, Ralf	SWECO GmbH	Hannover
Stridde, Christian	Hamburg Port Authority AöR	Hamburg



Name	Firma	Ort
Thielecke, Sören	Wasserstraßen-Neubauamt Datteln	Datteln
Thormann, Henning	Brunnenbau Conrad GmbH	Bad Langensalza
Treichel, Jörn	Hülskens Wasserbau GmbH & Co. KG	Wesel
Trute, Christian	Amt für Neckarausbau Heidelberg	Heidelberg
Tunc, Fatih	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Tönning	Tönning
van Dienenhoven, Veit	IBES Baugrundinstitut GmbH	Neustadt/Weinstr
Vanlommel, Elke	De Vlaamse waterweg nv	Hasselt
Vogel, Silvio	Ing.-büro Philipp Heinemann Dressel GmbH	Zwickau
Wagemann, Falk	Technische Universität Hamburg Institut für Baustoffe, Bauphysik und Bauchemie	Hamburg
Walters, Marco	Amt für Neckarausbau Heidelberg	Heidelberg
Wegner, Wolfgang	Implenia Spezialtiefbau GmbH Civil Engineering - Special Foundations Geschäftsstelle Frankfurt	Langen
Weihofen, Frauke	IBES Baugrundinstitut GmbH	Neustadt
Westendarp, Andreas	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Wiebe, Simon	Geotechnik Gündling GmbH	Darmstadt
Wienkamp, Rainer	Johann Bunte Bauunternehmung GmbH & Co. KG	Ahaus
Wille, Hendrik	Stump Spezialtiefbau GmbH	München
Wölflé, Gunther	Implenia Spezialtiefbau GmbH, Geschäftsstelle Mannheim	Mannheim
Zeller, Tanja	Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft mbH	Kleinostheim
Ziegler, Jörg	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Tönning	Tönning
Zielonka, Andrea	Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg	Magdeburg

# Kurzfassungen der Vorträge



## Inhalt

<b>Herstellverfahren für den Spezialtiefbau - Einführung</b>	<b>3</b>
Dr.-Ing. Jan Kayser, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe	
<b>Pfahlssysteme und Beton im Spezialtiefbau</b>	<b>5</b>
Dr.-Ing. Karsten Beckhaus, Bauer Spezialtiefbau GmbH, Schrobenhausen	
<b>Düsenstrahlverfahren und Injektionen – Design – Ausführung - Qualitätskontrolle</b>	<b>9</b>
Dipl.-Ing. Paul Pandrea, Keller Holding GmbH, Offenbach	
<b>Die neue Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen für Wasserstraßen (VV TB-W)</b>	<b>15</b>
Dipl.-Ing. Gabriele Peschken, BMVI Bonn	
<b>Nassbagger- und Steinarbeiten für die Bundeswasserstraßen und angrenzende Gewässer im Binnenbereich</b>	<b>19</b>
Dipl.-Ing. Thomas Groß, Geschäftsführer Hülskens Wasserbau, Vorsitzender Bundesfachabteilung Wasserbau im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie	
<b>Wasserhaltung, Grundwassermanagement und digitales Monitoring</b>	<b>25</b>
Dipl.-Ing. Henning Thormann, Brunnenbau Conrad GmbH, Bad Langensalza	
<b>Planen und Bauen-Modelle - Chancen für ein partnerschaftliches Bauen im Spezialtiefbau</b>	<b>29</b>
Karl-Heinz Heller – PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH Thomas Rosenstein – GDWS-Unterabteilungsleiter W1 Strategie und Planung	
<b>Der LCPC-Versuch zur Bestimmung der Abrasivität von Boden</b>	<b>33</b>
Dipl.-Ing. Annette Richter, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe	
<b>Neuere Entwicklungen in der Schlitzwandtechnik</b>	<b>37</b>
Prof. Dr.-Ing. Matthias Pulsfort, Bergische Universität Wuppertal	
<b>Einflüsse der Ramm- und Vibrationstechnik auf Planung und Bauablauf</b>	<b>41</b>
Dipl.-Ing. Sebastian Höhmann, F+Z Baugesellschaft, Hamburg	

**Verankerungen mit Verpressankern und Mikropfählen – Bemessung,  
Ausführung und Prüfung** **45**

Dipl.-Ing. Klaus Dietz, Dietz Geotechnik Consult GmbH, Hilden

**Das Projekt Neue Schleusen DEK-Nord und die praktische Anwendung  
verschiedener Bauverfahren** **51**

Dipl.-Ing. Birgit Maßmann, Wasserstraßen-Neubauamt Datteln



## Herstellverfahren für den Spezialtiefbau - Einführung

Dr.-Ing. Jan Kayser, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Die Herstellung und die Sanierung von Bauwerken des Verkehrswasserbaus fordern den Spezialtiefbau in vielerlei Hinsicht. Erst die Verfahren des Spezialtiefbaus machen viele Bauvorhaben des Verkehrswasserbaus möglich. Das sind beispielsweise

- wasserdichte und tiefe Baugrubenwände unter hohem Wasserdruck mit Schlitzwand-, Bohrpfahl- und Spundwandtechnologie und mit horizontalen Verankerungen
- dichte Sohlen für Baugruben mit Düsenstrahl- oder Injektionsverfahren,
- Tiefgründungen von Schleusen, Brücken und Wehren mit Bohr- und Rammpfählen
- Auftriebssicherungen für Baugruben-, Wehr- und Schleusensohlen mittels Verankerungen
- Ufersicherungen und Stromregelungsbauwerke mit Steinschüttungen
- Senkrechte Ufersicherungen mit horizontal verankerten Spundwänden
- Ausbau im Streckenbereich der Wasserstraßen mit Nassbaggertechnologien

Die verschiedenen Verfahren beruhen auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien. Gemeinsam ist ihnen aber, dass deren Anwendbarkeit von mehreren Interaktionen abhängt. Die wichtigste Interaktion liegt zwischen Baugerät, Baustoff und Baugrund: Wie kann das Gerät den Baugrund lösen? Welche Prozesse spielen sich zwischen Baustoff und Boden ab (Filtration, Penetration, Mischen, Aushärten)? Wie werden die Baugerät und Werkzeuge durch den Baugrund beansprucht bzw. abgenutzt?

Beim Bauen im Bestand, was mittlerweile im Verkehrswasserbau die Regel ist, kommt es auch auf die Interaktion zwischen Bautätigkeit und bestehendem Bauwerk an. Die Gebrauchstauglichkeit und die Standsicherheit angrenzender, oft sensibler Bebauung muss sichergestellt sein. Entsprechend dürfen die Verformungen im Umfeld nicht zu groß werden.

Bauen nimmt auch immer die Umwelt in Anspruch. Die Interaktion zwischen Bau und Umwelt ist zu bewerten, ggf. sind bestimmte Bauverfahren auszuschließen. Das ist insbesondere dann der Fall, wenn in der Umgebung einer Baumaßnahme Erschütterungen und Lärm zu unzulässigen Beeinträchtigungen führen kann. Auch darf das Grundwasser aus Gründen des Umweltschutzes nicht dauerhaft beeinträchtigt werden.

Die Baustoffe im Spezialtiefbau sind zementgebundene Suspensionen, Beton, Geokunststoffe und Stahl – aber ganz wichtig auch der Baugrund. Das Besondere am naturgemachten „Baustoff“ Baugrund im Vergleich zu industriell hergestellten Baustoffen ist die große Variabilität, die vom weichen Schlick bis zum harten Granit reicht. Der Baustoff Boden wird gelöst, gemischt, injiziert, gespült oder verdichtet eingebaut. Eine Herausforderung ist es, den Baugrund mit seinen weit gestreuten Eigenschaften zu beschreiben, denn diese Beschreibung ist die Grundlage der Bemessung von Bauteilen des Spezialtiefbaus, aber ebenso auch für die vertraglichen Vereinbarungen für den Bau dieser Bauteile.

Für die Bauverträge gibt es die Regelungen der in den „Verdingungsordnung für Bauleistung, Teil C (VOB/C)“ (VOB, 2016) veröffentlichten VOB-Normen mit den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Die fachgerechte Anwendung der VOB-Normen bei der Ausschreibung von Bauleistungen soll sicherstellen, dass die Leistungen eindeutig und erschöpfend beschrieben werden. Für die Gewerke des Tiefbaus und des Spezialtiefbaus kommt es besonders auf eine präzise und gleichzeitig knappe Beschreibung der anstehenden Böden an, damit eine Kalkulation der Bauleistungen ohne große Vorarbeiten möglich ist. Gemäß den Normen der VOB Teil C ist der Baugrund für Spezialtiefbauarbeiten in Homogenbereiche einzuteilen.

Für die Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche ist wichtig zu wissen, welche Eigenschaften des Baugrunds wesentlich die Ausführbarkeit und die Wirtschaftlichkeit der Arbeiten des Spezialtiefbaus bestimmen, und wo Grenzen der Bearbeitung liegen. Als Grundlage für die Beantwortung dieser Fragen hat die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) das „Merkblatt Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche nach VOB/C (MEH)“ (BAW, 2017) erarbeitet. Es ist eine Handlungshilfe für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) und gibt den Planern und Geotechnischen Sachverständigen Hilfestellungen, nach welchen Kriterien die Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche erfolgen kann. Dabei werden die wichtigen Eigenschaften durch Leitparameter abgebildet (z. B. Festigkeit) und die Einsatzgrenzen anhand von Einteilungsgrenzen für die Leitparameter definiert. Die Kriterien des MEH beruhen auf Erfahrungswerten der BAW, aus einschlägiger Literatur und aus alten normativen Regelungen. Allerdings liegt das wichtige Know-How in den ausführenden Unternehmen. Daher wäre es wichtig, wenn sich die ausführenden Firmen zukünftig an der Diskussion zu Leitparametern und Einteilungsgrenzen beteiligen würde.

Der Erfolg von Baumaßnahmen im Spezialtiefbau hängt ganz wesentlich von der Ausführungsqualität ab. Oft sind kleine Details entscheidend. Auf welche Details es ankommt, wissen die ausführenden Firmen. Ziel soll es sein, das Wissen der Ausführung verstärkt in die Planung von Bauvorhaben einfließen zu lassen. Das gilt besonders für den Spezialtiefbau und erfordert nicht nur den technischen Sachverstand, sondern auch neue Formen der Zusammenarbeit und der Praxis bei der Vergabe von Bauaufträgen wie z. B. nach dem Modell „Planen und Bauen“.

## **Literatur**

BAW (2017): Merkblatt Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche nach VOB/C (MEH), Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

VOB (2016): Gesamtausgabe Teil A, B und C, Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil A (DIN 1960:2016-09), Teil B (DIN 1961:2016-09), Teil C (ATV), Hg. DIN/DVA, Beuth Verlag, Berlin

## Pfahlsysteme und Beton im Spezialtiefbau

Dr.-Ing. Karsten Beckhaus, Bauer Spezialtiefbau GmbH, Schrobenehausen

Im Spezialtiefbau kommen verschiedene Pfahlsysteme zum Einsatz. Die Empfehlungen des Ausschusses Pfähle, kurz: EA Pfähle [1], geben einen umfassenden Überblick über die üblichen Pfahlsysteme und deren Anwendungsgrenzen, vgl. Bild 1.

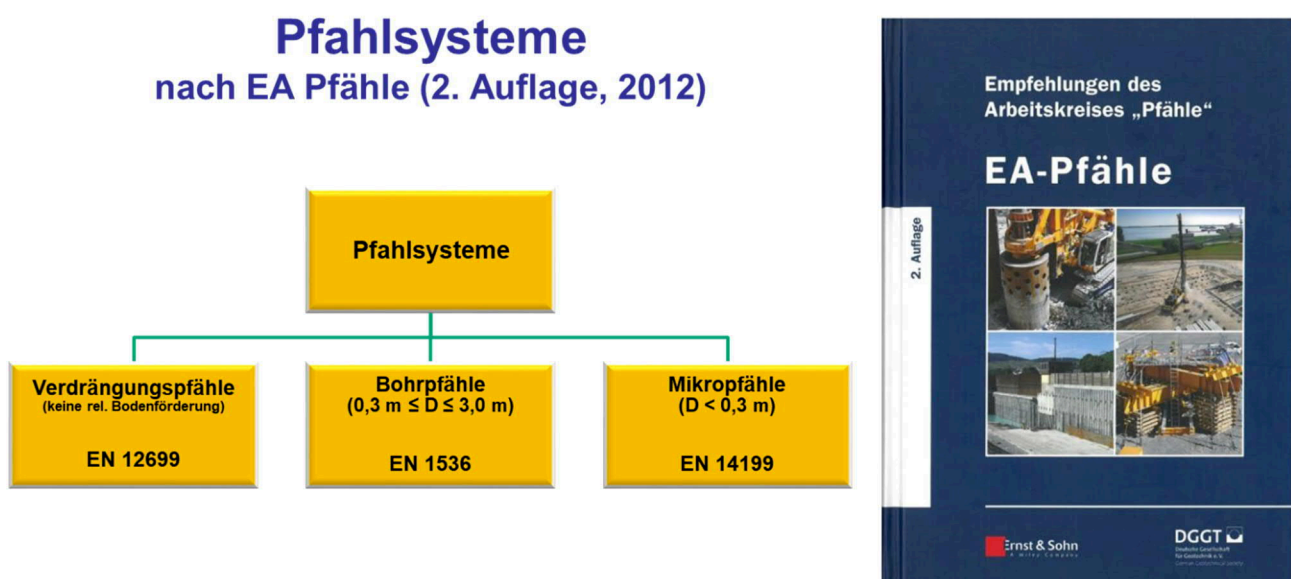


Bild 1: Die EA-Pfähle [1] enthalten umfassende Informationen zu üblichen Pfahlsystemen

Verdrängungspfähle nach DIN EN 12699 (von 2001 mit ergänzenden Festlegungen in DIN SPEC 18538 von 2012) werden ohne Aushub durch Rammen, Rütteln Drehen, Pressen oder einer Kombination dieser Verfahren eingebracht, wobei in der Regel auf der Arbeitsplattform mit einem Bodenaufwurf zu rechnen ist. Klassische Vertreter sind Stahlbeton-Rammpfähle, für die Betonfertigteile mit vordefinierter Geometrie (Länge und Querschnittsabmessungen) werksgefertigt auf die Baustelle geliefert werden. Verdrängend gebohrte oder gerüttelte Pfahlsysteme werden gegebenenfalls mit (Feinkorn-) Ortsbeton verfüllt, vgl. Bild 2 links. Die Kraftübertragung der Verdrängungspfähle über Spitzendruck oder auch Mantelreibung hängt systembedingt stark von dem gewählten Verfahren im jeweiligen Boden ab.

Mikropfähle nach DIN EN 14199 (von 2012 mit ergänzenden Festlegungen in DIN SPEC 18539 von 2012) sind als gebohrte Pfähle mit einem Nenndurchmesser unter 300 mm definiert, deren Kraftübertragung im Wesentlichen auf Aktivierung der Mantelreibung beruht, vgl. [2] und Bild 2 Mitte.

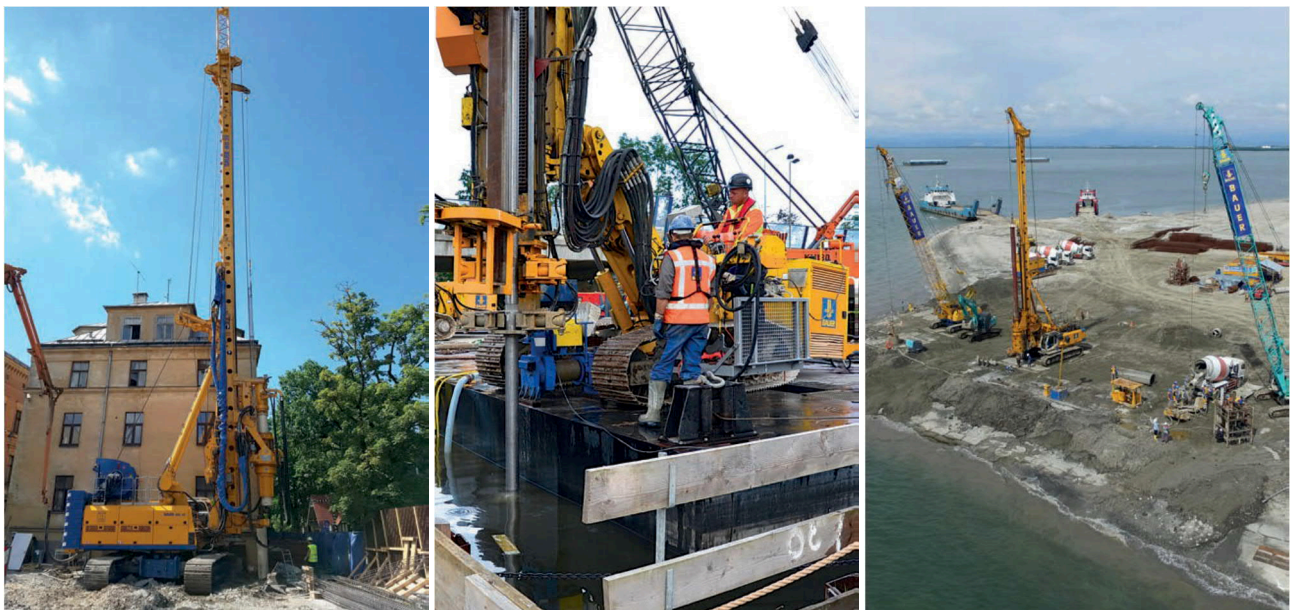
Bohrpfähle nach DIN EN 1536:2010 mit DIN SPEC 18144:2012 decken den größten Anwendungsbereich ab. Gemäß der o.g. Ausführungsnorm haben Bohrpfähle Durchmesser von mindestens 300 mm und maximal 3 m und im Verhältnis eine mindestens 5fach größere Tiefe, Bohrpfähle werden meist



vertikal, bei Erfordernis mit einer Neigung von bis zu 4:1 und hergestellt und grundsätzlich vor Ort betoniert. Insbesondere im Kelly-Verfahren ausgeführte Bohrpfähle, vgl. Bild 2 rechts, sind im Durchmesser und in der Tiefe wenig beschränkt und können somit große Lasten bis in große Tiefen abtragen.

Die größten und tiefsten Bohrpfähle werden derzeit in Kuala Lumpur in Malaysia hergestellt, z.B. derzeit für das Kuala Lumpur City Center (KLCC) bis in eine Tiefe von 130 m. Auch einzelne Gründungspfähle, etwa für Hochbahnen oder Hochstraßen, werden mit Durchmessern von bis zu 3,5 m als sehr steife Gründungselemente ausgeführt und ersparen so aufwändige Konstruktionen von Pfahlkopfplatten.

Besonders anspruchsvoll werden Planung und Herstellung von Tiefgründungen oder auch Stützwänden, wenn die Bohrungen unter Wasser bzw. unter einer Stützsuspension herzustellen sind. Zwei neue Leitfäden für Kontraktorbeton und Stützflüssigkeiten enthalten qualitätsrelevante Empfehlungen, die im Wesentlichen auf dem sogenannten Performance Konzept beruhen und aktuelle Normen sinnvoll ergänzen.



*Bild 2: Ausführung von Verdrängungspfählen, Mikropfählen und Bohrpfählen [BAUER]*

Der Baustoff Beton hat entscheidenden Anteil an der Bohrpfahlqualität. Insbesondere für sehr tiefe Bohrungen und gleichzeitig oft stark bewehrte Pfähle ergeben sich dabei möglicherweise besondere Anforderungen an den Beton, der unter einer Stützflüssigkeit mit dem Kontraktorrohr eingebracht wird.

Der Beton muss in seinem frischen Zustand entsprechende Eigenschaften aufweisen, u.a. um die Stützflüssigkeit sicher zu verdrängen, den Hohlraum vollständig auszufüllen, die Bewehrung vollständig zu umschließen und sich ausreichend selbst zu verdichten, ohne sich gleichzeitig durch Sedimentation, Bluten oder Filtration von Wasser oder Zementleim in den umgebenden Boden unzulässig zu verändern.

Neben diesen – sich zeitlich ändernden – Baustoffeigenschaften und den unvermeidbaren Toleranzen bei der Ausführung haben selbstverständlich auch die statische Bemessung und vor allem die Bewehrungsführung Einfluss auf die spätere Bauteilqualität. Je nach Komplexität eines zu erstellenden Bauteils müssen unterschiedlich hohe Anforderungen an die Planung, den Beton und an die Ausführung und vor allem auch an deren Interaktion gestellt werden. Ein entsprechendes durchgängiges Konzept wird übergreifend für den gesamten Beton- und Stahlbetonbau in der zurzeit vom Arbeitskreis Beton des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton erarbeitet. Die DAfStb-Richtlinie „BetonBauQualität BBQ“ soll zukünftig helfen, jede Bauaufgabe entsprechend ihrer Komplexität mit der angemessenen Kommunikation und unter Beachtung der Normen sowie weiterer Regelwerke (z.B. ZTW-W) zu planen und prüfen, wobei Bauteile/Bauwerke mit „normalen“, „erhöhten“ oder „besonders festzulegenden“ Anforderungen in die Betonbauqualitätsklassen BBQ-N, -E und -S eingeteilt werden [3].

Beton mit hoher Festigkeit bzw. niedrigem Wasserzementwert, der dennoch sehr fließfähig und bei Bedarf über mehrere Stunden verarbeitbar ist, sind in der Bauindustrie längst nichts Besonderes mehr. Gut abgestufte Gesteinskörnungen und ein stabiler Zementleim sind dabei nicht nur erforderlich, um den Frischbeton möglichst stabil gegen Sedimentation der groben Gesteinskörnung, gegen Bluten und Ausfiltern zu machen, sondern auch, um ein Blockieren an der Bewehrung zu vermeiden. Ein niedriger Wasserzementwert, der inzwischen regelmäßig den Wert 0,45 unterschreitet, begünstigt zwar grundsätzlich diese Anforderungen und ist auch oft obligatorisch für anspruchsvolle Dauerhaftigkeitsklassen, ist aber bezüglich einer angestrebten hohen Fließfähigkeit im Grunde kontraproduktiv. Die betontechnologische Herausforderung ist also die richtige Balance zwischen Verarbeitbarkeit und Stabilität eines Frischbetons zu finden und dabei die planerischen und ggf. normativen Anforderungen an Rezeptur und Festbeton zu beachten. Als maßgebendes Kriterium für die Verarbeitbarkeit gilt weiterhin die Konsistenz, die nach [4] am besten als Setzfließmaß zu bestimmen ist, vgl. Bild 3.

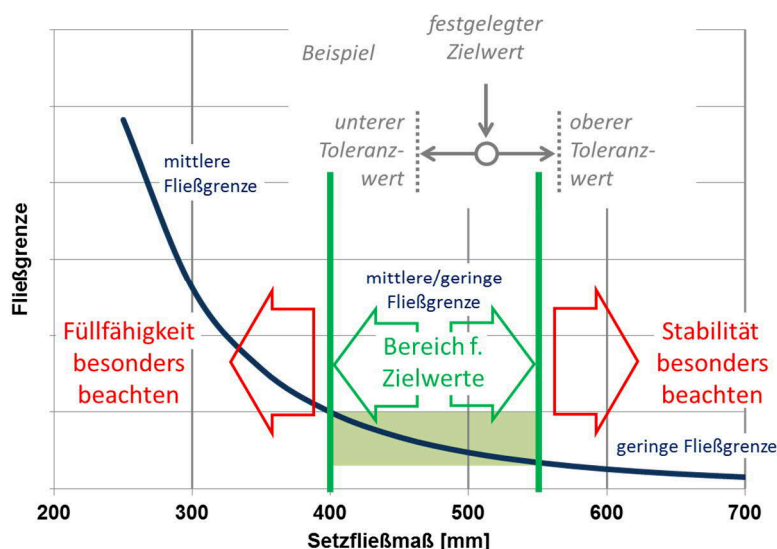


Bild 3: Das Setzfließmaß prüft zuverlässig die Fließgrenze und ist baustellenspezifisch innerhalb eines empfohlenen Bereichs mit einem Zielwert plus Toleranz festzulegen [4]



Der „Leitfaden Kontraktorbeton für Tiefgründungen“ [4] verfolgt insgesamt das gleiche Prinzip einer anforderungsgerechten Planung (von Betonbauteilen) und Prüfung (von Beton) wie die o.g. DAfStb-Richtlinie, aber ohne Klasseneinteilungen, sondern auf Grundlage projektspezifisch festzulegender Betoneigenschaften. Auch dieser Leitfaden Kontraktorbeton („Tremie Guide“) dient als Ergänzung zur Normung, ist dabei aber so aufgestellt, dass er international anwendbar ist. Er ist im Juni 2018 in zweiter Fassung erschienen und kann sowohl im englischen Original als auch in deutschsprachiger Fassung über die Homepages der European Federation of Foundation Contractors sowie des deutschen Hauptverbands der deutschen Bauindustrie heruntergeladen werden. Der Schwerpunkt dieses Leitfadens liegt auf der leistungsbasierten und baustellentauglichen Qualitätssicherung für Frischbeton – mit dem primären Ziel, durch die Berücksichtigung technischer Notwendigkeiten Mängel in Tiefgründungen zu vermeiden und Imperfektionen zu reduzieren.

## Literatur

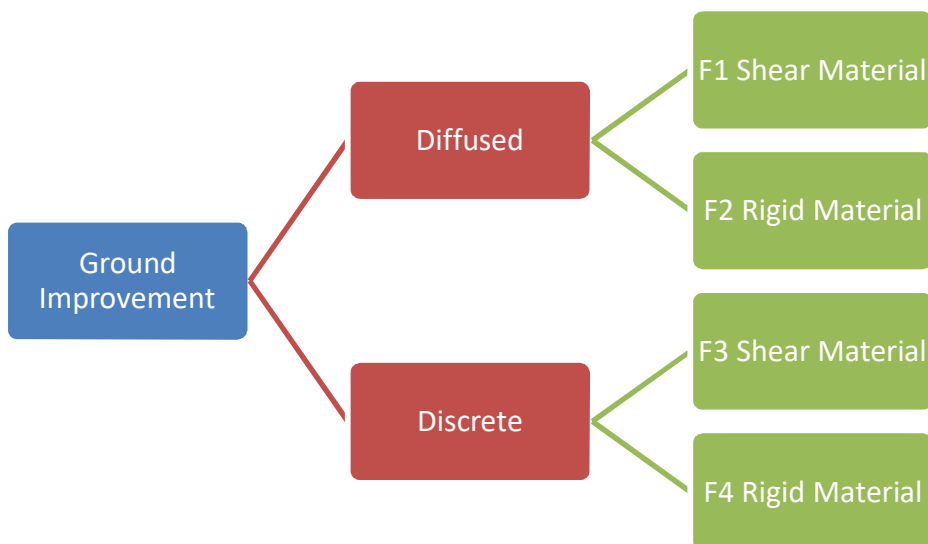
- [1] EA-Pfähle: Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“. 2. Auflage. Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. Ernst & Sohn. 2012
- [2] Dietz, K.: Verankerungen mit Verpressankern und Mikropfählen – Bemessung, Ausführung und Prüfung. Kolloquium Verfahren des Spezialtiefbaus. 5. und 6. Juni 2019. Bundesanstalt für Wasserbau. Karlsruhe, 2019
- [3] Müller, Ch.; Konzept Betonbauqualität (BBQ): Differenzierung als Schlüssel für die Zukunftsfähigkeit der Betonbauweise, *Vortrag, SCHWENK Betonseminare 2019*
- [4] EFFC/DFI; Guide to Tremie Concrete for Deep Foundations. 2<sup>nd</sup> edition. European Federation of Foundation Contractors, UK, Deep Foundation Institute, USA, 2018

## Düsenstrahlverfahren und Injektionen – Design – Ausführung – Qualitätskontrolle

Dipl.-Ing. Paul Pandrea, Keller Holding GmbH, Offenbach

**Düsenstrahlverfahren und Injektionen gehören zu den vielseitigsten Verfahren in der Geotechnik. Das Anwendungsspektrum reicht von der Baugrundverbesserung über die Herstellung von tragenden Bauteilen bis zur Abdichtung. Innovationen finden heute im Bereich der Optimierung und Automatisierung bei Werkzeug und Gerät, der Qualitätssicherung mit digitalen Applikationen und bei der Umweltverträglichkeit statt. Die zugehörigen überarbeiteten europäischen Ausführungsnormen EN 12715 und EN 12716 versuchen, diesen neuen Stand der Technik abzubilden.**

Injektionen und Düsenstrahlverfahren gehören beide in der Systematik des zukünftigen EN 1997-3 in das Kapitel 10 Baugrundverbesserung mit einer Vielzahl sehr unterschiedlicher Verfahren, wobei die Injektionen selbst schon mehrere durchaus sehr verschiedene Verfahren umfassen. In der folgenden Abbildung ist die in der zukünftigen europäischen Norm zu erwartende Einteilung der Baugrundverbesserungsverfahren dargestellt.



*Bild 1: Familien für die Einteilung der Verfahren der Baugrundverbesserung*

Abgesehen von den Abdichtungsinjektionen mit Weichgelen ohne statische Funktion gehören sowohl Injektionen als auch das Düsenstrahlverfahren in die Familien F2 oder F4, da sie im behandelten Bereich zu einer messbaren Festigkeit und einer gegenüber dem ursprünglichen Baugrund deutlich erhöhten Steifigkeit führen. Kombiniert man die Definitionen der E DIN EN 12715 und der DIN EN 12716 miteinander, kann man folgende Systematik für die Klassifizierung von Düsenstrahlverfahren und Injektionen aufstellen.

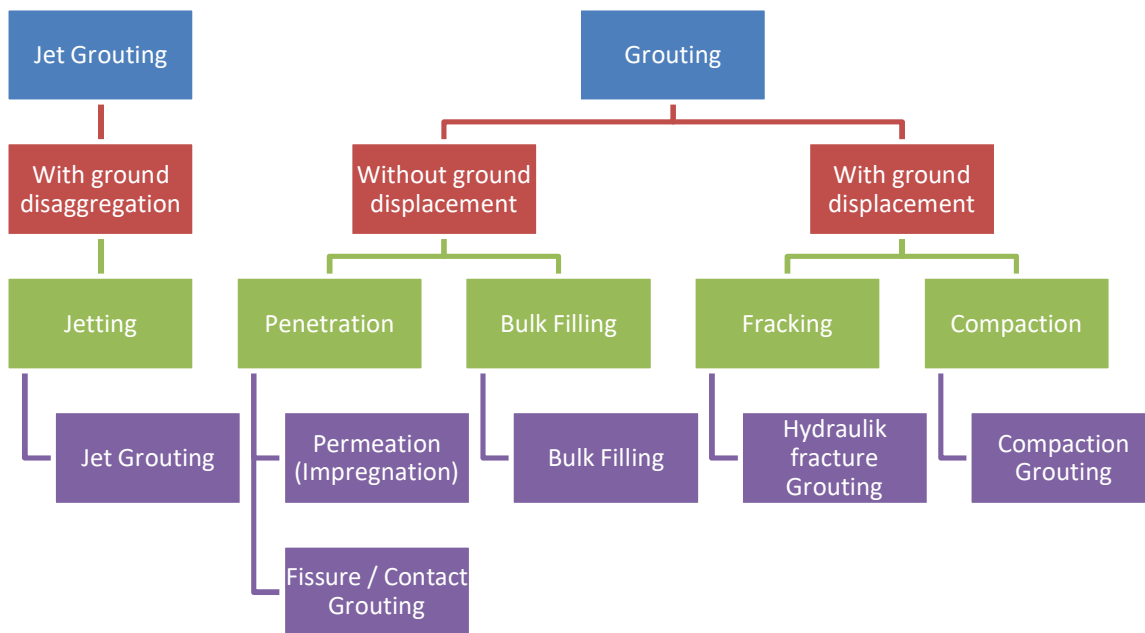


Bild 2: Systematik der Injektions- und Düsenstrahlverfahren nach DIN EN 12716 und E DIN 12715

## Aufgabenstellung und für die Planung erforderliche Unterlagen

Für ein sinnvolle Planung von Injektionen und Düsenstrahlarbeiten ist zunächst eine genau Definition der zu erzielenden Funktion und der daraus abgeleiteten Eigenschaften des Injektions- bzw. Düsenstrahlkörpers erforderlich. Insbesondere muss vorgegeben werden, ob ein statisch wirksamer Körper zum Lastabtrag oder eine Abdichtung erstellt werden soll oder gar eine Kombination aus beidem. Während für den Lastabtrag untergeordnete kleinere Fehlstellen in Folge von Hindernissen oder Inhomogenitäten im Baugrund meist ohne Auswirkungen und daher unerheblich sind, können sie die Abdichtungswirkung erheblich beeinträchtigen. In der Praxis sind daher Aufgaben zur Abdichtung meist erheblich anspruchsvoller.

Beiden Verfahrenstypen ist gemeinsam, dass sie den anstehenden Boden zum Bestandteil des zu erstellenden Bauteils oder Produktes machen. Beim Düsenstrahlverfahren an einem Ende des Spektrums erfolgt dies nach der Desintegration des Korngerüsts als Zuschlag, bei der klassischen Injektion am anderen Ende des Spektrums durch Fixierung der Matrix durch Füllung des Porenraumes mit einem abdichtenden und erhärtenden Mittel. In jedem Fall bestimmt der Baugrund entscheidend die Eigenschaften des hergestellten Körpers und ist damit wesentlich für den Planungsprozess. Daher widmen sowohl DIN EN 12716 als auch E DIN 12715 jeweils Ihr Kapitel 5 den Anforderungen an die Baugrunduntersuchung und stellen dafür spezifische Anforderungen, die zum deutlich über die allgemeine Anforderungen aus DIN EN 1997-2 hinausgehen bzw. diese präzisieren, um auch herstelltechnische Aspekte abzudecken.

## Design

Der englische Begriff „Design“ ist nicht deckungsgleich mit unserem deutschen Begriff „Bemessung“, sondern umfasst neben dem Führen der rechnerischen Nachweise für die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit auch die Ausführungsplanung, ist also wesentlich umfassender zu verstehen.

Für die eigentliche Bemessung spielt neben den erzielbaren Abmessungen vor allem die Festigkeit eine entscheidende Rolle. Dafür sind zuerst durch die DIN 4093 und später auch durch DIN EN 12716 Nachweise auf statistischer Basis unter Verwendung der logarithmischen Normalverteilung etabliert worden. In der Bemessung wird dabei zunächst auf Basis der tatsächlich auftretenden Spannungen ein charakteristischer Wert der einaxialen Druckfestigkeit  $f_{m,k}$  bzw. ein Bemessungswert  $f_{m,d}$  festgelegt.

$$f_{m,d} = 0,85 \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m}$$

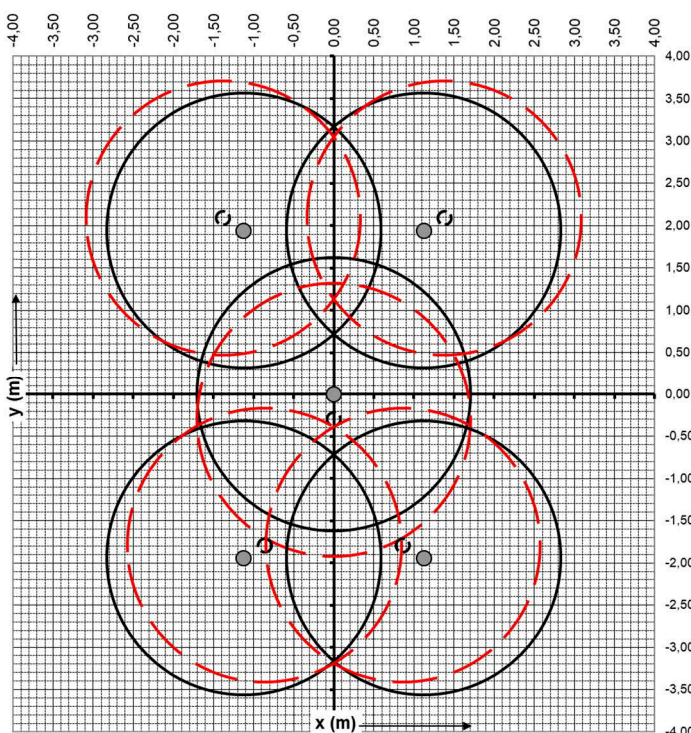
*Formel 1: Bemessungswert der Festigkeit nach Gleichung (4) aus DIN 4093:2015-11*

In der ggf. durchzuführenden Eignungsprüfung (falls keine vergleichbaren Erfahrungswerte vorliegen) oder der Abnahmeprüfung ist die charakteristische Festigkeit an Hand von mindestens 10 Einzelproben wie folgt zu ermitteln:

$$f_{m,k} \leq e^{(\mu - k \cdot \sigma)}$$

*Formel 2: Charakteristische Festigkeit (mit dem Mittelwert  $\mu$  und der Standardabweichung  $\sigma$  der natürlichen Logarithmen der Einzelwerte der Festigkeit und dem Annahmefaktor  $k=1,28$  für ein 10% Quantil)*

Dabei sind die Einzelproben vor der Prüfung mit Hilfe der Probengüteklassen nach DIN EN 12716 Anhang B auf Ihre Eignung als Prüfkörper hin zu qualifizieren. Liegen die mittleren Festigkeiten unter  $4 \text{ N/mm}^2$  oder werden Silikate verwendet, dann sind zusätzlich noch Kriechversuche erforderlich. Für die Ausführungsplanung sind dann noch weitere Aspekte zu berücksichtigen, etwa der Einfluss von unvermeidbaren Bohrabweichungen auf die Austeilung der Elemente.



**Bild 3:** Einfluss von Bohrabweichungen auf die Lage von Düsenstrahlsäulen



## Ausführung und Qualitätssicherung

Im digitalen Zeitalter von Industrie 4.0, die in der Bauindustrie unter anderem in Gestalt von BIM Einzug hält, wurde in den letzten Jahren die baubegleitende Qualitätssicherung digitalisiert. Sowohl DIN EN 12716 als auch E DIN EN 12715 verlangen nun die elektronische Aufzeichnung der wesentlichen Herstellparameter in Echtzeit. Insgesamt soll ein möglichst dichtes Netz von Messungen und Prüfungen den Herstellprozess begleiten.



Bild 4: Elemente der Qualitätssicherung nach EN 12716 und E DIN 12715

Da sowohl Injektionen als auch das Düsenstrahlverfahren indirekte Verfahren sind in dem Sinne, dass kein geometrisch exaktes mechanisches Werkzeug alleine das Produkt erzeugt, sondern die Geometrie wesentlich vom Bodenwiderstand abhängt, ergibt erst eine Zusammenschau aller Daten ein schlüssiges Bild über das erzielte Ergebnis.

## Umweltschutz

Alle Injektions- und Düsenstrahlverfahren stellen einen umweltrelevanten genehmigungspflichtigen Eingriff in den Untergrund und das Grundwasser dar. Bei Verwendung von Zementen wird diese Genehmigung allein durch einen wasserrechtlichen Bescheid der unteren Naturschutzbehörde erteilt. Bei Silikatgelen (oder auch Kunststoffen) wird dafür zusätzlich eine umweltrechtliche Zulassung für das Injektionsmaterial durch das DIBt gefordert. Für deren Erteilung gilt das Vorsorgeprinzip, das sehr strenge Auflagen bezüglich der einzuhaltenden Grenzwerte vorsieht, wie sie z.B. in den Zulassungsgrundsätzen des DIBt niedergelegt sind.



## **Literatur**

- DIN EN 1997-2:2010-12 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2:  
Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
- DIN EN 12716:2019-03 Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Düsenstrahlverfahren
- E DIN EN 12716:2019-06 Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau - Injektionen
- DIN 4093:2015-11 Bemessung von verfestigten Bodenkörpern - Hergestellt mit Düsenstrahl-,  
Deep-Mixing- oder Injektions-Verfahren. Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Bautechnik (2008). Grundsätze der Bewertung der Auswirkungen von  
Bauprodukten auf Boden und Grundwasser. Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik.



# **Die neue Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen für Wasserstraßen (VV TB-W)**

Dipl.-Ing. Gabriele Peschken, BMVI Bonn

## **1. Allgemeines**

Nach Artikel 89 des Grundgesetzes ist der Bund Eigentümer der früheren Reichswasserstraßen. Er verwaltet sie durch eigene Behörden (Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes - WSV). Die Zuständigkeit des Bundes für die Verwaltung der Bundeswasserstraßen und für die Regelung des Schiffsverkehrs ist im Einzelnen durch Bundesgesetze geregelt. So hat die WSV nach § 48 Bundeswasserstraßengesetz die Eigenverantwortung für die Übereinstimmung aller Anlagen und Einrichtungen mit den Anforderungen an die Sicherheit und Ordnung.

Die Eigenverantwortung für Planung, Genehmigung und Durchführung ihrer Bau-, Betriebs- und Unterhaltungsaufgaben begründet auch die Organisation des Bauordnungswesens für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung als bundesunmittelbare Fach- bzw. Bauverwaltung.

Das Bauordnungswesen für den Geschäftsbereich der WSV ist an das Vorgehen der Länder und somit auch an die Musterbauordnung (MBO) angelehnt. Analog dazu werden dabei die von der WSV zu beachtenden spezifischen technischen Regeln, die zur Erfüllung der Anforderungen des Bauordnungsrechtes bzw. der baulichen Sicherheit und Ordnung unerlässlich sind, vom BMVI bauaufsichtlich eingeführt.

## **2. Veranlassung für die neue Verwaltungsvorschrift**

Der Europäische Gerichtshof hat in seinem Urteil C-100/13 vom 16. Oktober 2014 das Vorgehen Deutschlands für unzulässig erklärt, nationale Zusatzanforderungen an europäisch harmonisierte Bauprodukte mit CE-Kennzeichnung zu stellen. Zur Berücksichtigung des EuGH-Urteils wurde durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13. Mai 2016 die MBO geändert, die Länder haben daraufhin ihre Landesbauordnungen angepasst und die bisherigen Bauregellisten, in denen teilweise zusätzliche Anforderungen an Bauprodukte (z. B. Ü-Zeichen) aufgeführt waren, zurückgezogen.

§ 85a der neuen MBO legitimiert die Länder, in ihren Bauordnungen die Anforderungen an Bauwerke über Technische Baubestimmungen zu konkretisieren. Diese normkonkretisierenden Technischen Baubestimmungen wurden in eine Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) aufgenommen, die nach EU-Notifizierung vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) im Einvernehmen mit den obersten Baurechtsbehörden der Länder als Ausgabe 2017 am 31. August 2017 in den DIBt-Mitteilungen veröffentlicht wurde.

12 Bundesländer haben mit Stand 04.04.2019 die MVV TB mittlerweile in Landesrecht übernommen und als Landesverwaltungsvorschrift in den jeweiligen Amtsblättern veröffentlicht.

Analog der Vorgehensweise der Länder, haben wir für den Zuständigkeitsbereich der WSV bzw. der Bundeswasserstraßen die bisher im TR-W enthaltene „Wasserstraßenspezifische Liste Technischer Baubestimmungen“ (WLTB) sowie die ebenfalls im TR-W eingebundenen Bauregellisten der Länder aufgehoben und durch eine "Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen - Wasserstraßen (VV TB-W)" ersetzt. Mit dem Eisenbahnbundesamt (EBA) wurden dazu ebenfalls Abstimmungen getroffen, das EBA hat im Dezember 2018 analog die „Eisenbahnspezifische Technische Baubestimmungen (EiTB)“ eingeführt.

Seitens WS 12 wurde im Laufe des Jahres 2018 in intensiven Abstimmungen mit der BAW zu allen bauaufsichtlich eingeführten Regelwerken bzw. Normen der erforderliche Anpassungsbedarf ermittelt und im Einzelnen in den eingeführten 20 Anhängen definiert.

Die VV TB-W entspricht in der Gliederung der MVV TB.

Wie bisher auch, wird das TR-W mit VV TB-W für die WSV - im Gegensatz zur ausschließlich textgebundenen Veröffentlichung in den jeweiligen Amtsblättern der Länder - in datenbankgestützter digitaler Form auf der Webseite des Informationszentrums Wasserbau der BAW (IZW-BAW) komfortabel bereit gestellt. Es ist auch für Dritte (Ingenieurbüros, Firmen, Planer) frei zugänglich. Der für die WSV eingerichtete Service einer direkten Downloadmöglichkeit von Regelwerken Dritter (DIN-Normen, DWA-Regelwerke, DAfStB etc.) über Vereinbarungen mit dem Lizenzgeber steht für Dritte nicht zur Verfügung, alle BAW/BMVI und WSV-Regelwerke sind nach wie vor kostenlos downloadbar.

### 3. Struktur und Gliederung der VV TB-W

Die VV TB-W enthält technische Regeln, die bei der Auslegung des § 48 WaStrG hinsichtlich der Anforderungen der Sicherheit und Ordnung heranzuziehen und zu beachten sind. Aufgrund der im Vergleich zu den Bauaufsichtsbehörden der Länder für die WSV gegebenen Besonderheit, neben der bauaufsichtlichen Verantwortung auch die Funktion des Bauherren wahrzunehmen, enthält die VV TB-W zusätzlich auch die hierfür eingeführten spezifischen Vorgaben zur Qualitätssicherung. Das Erfordernis der Berücksichtigung allgemein anerkannter Regeln der Technik bleibt davon unberührt.

Aus Gründen einer einheitlichen Anwendung im Bereich der WSV basiert die VV TB-W auf der MVV TB und stimmt in der Grundstruktur mit ihr überein. Sie wurde ergänzt um den Abschnitt „A 1.2.10 Bauliche Anlagen und Gewässerbett an Bundeswasserstraßen“.

Die VV TB-W ist in die folgenden vier Teile (A, B, C und D) gegliedert:

A - Technische Baubestimmungen, die bei der Erfüllung der Grundanforderungen an Bauwerke zu beachten sind:

Teil A gliedert sich nach den **Grundanforderungen** für Bauwerke gem. Anhang I der EU-BauPVO wie folgt:

A 1 - Mechanische Festigkeit und Standsicherheit,  
A 2 - Brandschutz,  
A 3 - Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz,  
A 4 - Sicherheit und Barrierefreiheit bei der Nutzung,  
A 5 - Schallschutz und  
A 6 - Wärmeschutz.

B - Technische Baubestimmungen für Bauteile und Sonderkonstruktionen, die zusätzlich zu den in Teil A aufgeführten Technischen Baubestimmungen zu beachten sind

C - Technische Baubestimmungen für Bauprodukte, die nicht die CE-Kennzeichnung tragen, und für Bauarten

D - Bauprodukte, die keines Verwendbarkeitsnachweises bedürfen

Der in der MVV TB enthaltene Gliederungspunkt „Anhänge“ wurde in die VV TB-W nicht übernommen, die Anhänge sind an der entsprechenden Bezugsstelle über Link eingebunden.

Zu den zusammengestellten Technischen Baubestimmungen gehören die aufgeführten DIN-Normen oder Regeln selbst und fallweise die sie ergänzenden Anlagen und Erlasse bzw. Anhänge. Eine Anlage bzw. ein Erlass oder ein Anhang ist dann notwendig, wenn aus bauaufsichtlichen Gründen der Verweis auf die Regel der Technik allein nicht ausreicht.

Technische Regeln der MVV TB der Länder, die für den Geschäftsbereich der WSV von nachrangiger Bedeutung sind, sind hier der Vollständigkeit halber aufgeführt und ggf. im Einzelfall zu beachten.

Falls erforderlich enthält die VV TB-W in den Abschnitten A 1 bis A 6 bzw. B zu einzelnen Technischen Baubestimmungen wasserstraßenspezifische Änderungen/Ergänzungen bzw. ergänzende Regelwerke. Die jeweiligen Erlasse bzw. Anhänge sowie Regelwerke erhalten eine ergänzende Nummerierung im jeweiligen Abschnitt, so wird z.B. im Abschnitt „A1.2.3 Bauliche Anlagen im Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau“ ein ergänzendes Regelwerk bzw. ein Erlass mit 3-W1 gekennzeichnet (W: Wasserstraßenspezifisch, 1: fortlaufende Nummerierung).

Ausschließlich wasserstraßenspezifische Regelungen und Erlasse sind im Abschnitt A 1.2.10 „Bauliche Anlagen und Gewässerbett an Bundeswasserstraßen“ aufgeführt.

Soweit technische Regeln geändert oder ergänzt werden, gehören auch die Änderungen und Ergänzungen zum Inhalt der Technischen Baubestimmungen. Gleiches gilt für Erlasse bzw. Anhänge, die den betreffenden technischen Regeln zugeordnet sind.



#### **4. Technische Baubestimmungen für Bauprodukte und für Bauarten:**

Teil C bestimmt die Angaben zu nicht harmonisierten Bauprodukten sowie zu Bauarten, die nur eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses bedürfen sowie die Anforderungen zur Abgabe der Übereinstimmungserklärung für ein Bauprodukt nach § 22 MBO, wie ÜH, ÜHP oder ÜZ.

Teil C gilt daher nicht für Bauprodukte, für die eine harmonisierte Norm oder eine Europäische Technische Bewertung (ETA) im Geltungsbereich der EU-BauPVO vorliegt.

Sofern von der maßgebenden technischen Regel abgewichen wird, ist für Bauprodukte eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall und für Bauarten eine allgemeine oder vorhabenbezogene Bauartgenehmigung erforderlich.

Bei Bauprodukten und Bauarten, die (nur) eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses bedürfen, wird das Vorliegen einer maßgebenden Prüfnorm zwingend vorausgesetzt. Dabei können auch weitere technische Bestimmungen, die für die Erteilung des abP erforderlich sind, angegeben werden. Dazu gehören z.B. ergänzende Angaben zu Prüfumfang, Prüfaufbau, Prüfhäufigkeit.

Weiterhin wurden auch die Regelungen zum Umgang mit Lücken in europäisch harmonisierten Bauproduktnormen, die das CE-Kennzeichen tragen, bezogen auf Planung und Verwendung bei Baumaßnahmen der WSV definiert. Die Vorgehensweise entspricht auch hier den grundsätzlichen bauaufsichtlichen Regelungen bzw. Vollzugshinweisen der Länder (nach Vorgaben der Fachkommission Bautechnik) an die Bauaufsichtsbehörden (Prioritätenliste der ARGEBAU sortiert nach hEN der BauPVO vom 25.02.2019).

#### **5. Ausblick**

Die Länder bereiten derzeit bereits die Fortschreibung der Ausgabe 2017 der MVV TB vor. Seit der Fertigstellung dieser Ausgabe 2017 (etwa Ende 2016, anschließend erfolgten Anhörungen und Notifizierungen bei der EU-KOM einschließlich diverser Diskussionsrunden mit der EU-KOM) sind etliche Normen bereits in geänderten Ausgaben erschienen. Für die WSV wird das BMVI weitestgehend den Abgleich zwischen dem jeweiligen Stand der Normen in der MVV TB und der VV TB-W sicherstellen, nur in einzelnen Fällen werden für die WSV Normen vor den Ländern eingeführt. Derzeit befindet sich eine MVV TB, Ausgabe 2019/1 als Entwurf im Prozess einer Anhörung bzw. Stellungnahmenrunde. Darin sind vor allem Fortschreibungen von Normen gegenüber 2016/2017 berücksichtigt. Es bleibt abzuwarten, wie sich der weitere zeitliche Ablauf für eine fortgeschriebene Fassung der MVV TB (und damit auch VV TB-W) in 2019 gestalten wird. Dabei spielt auch das erneute EU-Notifizierungsverfahren eine Rolle.

#### **Literatur**

<https://izw.baw.de/wsv/planen-bauen/tr-w>



# **Nassbagger- und Steinarbeiten für die Bundeswasserstraßen und angrenzende Gewässer im Binnenbereich**

Dipl.-Ing. Thomas Groß, Geschäftsführer Hülskens Wasserbau,  
Vorsitzender Bundesfachabteilung Wasserbau im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie

## **Einleitung**

Zur Sicherung der Leichtigkeit der Schifffahrt und der Verkehrssicherheit sind in Deutschland auf den Binnenwasserstraßen sowie in Häfen und sonstigen Gewässern umfangreiche Unterhaltungsarbeiten in Form von Nassbaggerungen notwendig. Hier werden die verschiedenen Methoden nach dem Stand der Technik sowie die heutigen technischen Hilfsmittel zur Ausführung der Arbeiten aufgezeigt und bewertet.

## **1 Allgemeines Nassbaggerung**

Die Binnenschifffahrt in Deutschland findet im Wesentlichen auf den Bundeswasserstraßen mit einem Netz von ca. 7290 km, von denen wiederum 6550 km auf die Binnenwasserstraßen entfallen, statt. Die Bundeswasserstraßen unterliegen dem Bundeswasserstraßengesetz. Hier ist im §8 „Umfang der Unterhaltung“ Abs. 1 geregelt, dass die Unterhaltung der Binnenwasserstraßen die Erhaltung eines ordnungsgemäßen Zustandes für den Wasserabfluss und die Erhaltung der Schifffbarkeit umfasst. Unterhaltungsbaggerungen dienen der Aufrechterhaltung der anzustrebenden Wassertiefe auf Grundlage der gesetzlichen Vorgaben (z.B. Planfeststellungsbeschlüsse zur Gewässervertiefung) und der verkehrsbezogenen Erfordernisse. Sie finden prinzipiell durchgängig im ganzen Jahr statt.

## **2 Geräteeinsatz für die Unterhaltungs- / Nassbaggerung**

### **2.1 Hopper**

Ein Hopper, oder auch Hopper-Bagger, ist ein selbstfahrendes Schiff, welches über einen eigenen Laderaum verfügt. Es saugt Gewässerböden und Sedimente über am Schiff angebrachte Saugleitungen, die mit einem Schleppkopf am unteren Ende am Gewässergrund gehalten werden. Das Baggergut wird in den Laderaum gepumpt und der Hopper kann diesen an geeigneter Stelle selbstständig wieder entladen. Der Hopper ist ein Gerät, welches für Baggerungen im Binnengewässer eher weniger, außer in den Bereichen der Unterelbe, Unterweser und Unterems, zum Einsatz kommt. Mit einem Hopper sind in der Regel nur leicht lösbare Sedimente und Böden zu bearbeiten, also Sand und sehr feinkörnige Sedimente. Seine Einsatzbarkeit ist auf den Binnengewässern als stark eingeschränkt bis nicht möglich einzuordnen.

### **2.2 Cutter**

Ein Cutter-Bagger ist ähnlich wie ein Hopper-Bagger aufgebaut. Zusätzlich zum Hopper verfügt er aber noch über einen rotierenden Schneidkopf, der mit Werkzeugen besetzt ist und Material vor dem Ansaugen lösen kann.

## **2.3 Ponton**

Ein Ponton ist ein Schwimmkörper, der als wasserstandsabhängiger Träger für verschiedene Aufgaben verwendet wird. Im Gegensatz zum Boot/Schiff ist er aber nur eingeschränkt fahrtauglich. Pontons verfügen in der Regel nicht über einen eigenen Antrieb und haben meist keine strömungsgünstige Form, da sie nicht für die Schifffahrt, sondern nur als Arbeitsplattform gebaut werden.

Ponten verfügen über wichtige schiffstechnische Ausrüstungen wie z.B. Beleuchtung, Winden, Anker. Wichtiger Ausrüstungsbestandteil der Ponten sind weiterhin Stelzen, mit denen der Ponton in der Lage fixiert werden kann. Die Stelzen werden in Durchführungen im Ponton, sogenannten Kokern, durch den Körper des Pontons bis zum Gewässergrund geführt. Es gibt hier verschiedene Arten von Stelzen, z.B. sogenannte Fallstelzen, welche lediglich mit ihrem Eigengewicht auf dem Gewässergrund stehen. Diese sind maximal dazu geeignet, das Ponton in der Lage zu fixieren, jedoch nicht ihn zu stabilisieren. In ruhigen Gewässern, wie z.B. staugeregelten Kanälen ohne nennenswerte Fließgeschwindigkeiten sind solche Stelzen ausreichend für das Arbeiten mit Baggern auf dem Ponton. Stand der Technik sind jedoch Stelzen, die über einen Abdruckmechanismus verfügen. Hier werden die Stelzen über Seil- oder Hydrauliksysteme in den Untergrund gedrückt und der Pontonkörper zumindest leicht aus dem Wasser gehoben. Hierdurch ergibt sich eine größere Stabilität des Pontons, die ein gezieltes Arbeiten mit dem Bagger ermöglicht. Ebenso kann das Ponton so selbst hohen Strömungsgeschwindigkeiten, z.B. im Rhein, Widerstand leisten und sicher an seinem Arbeitsort gehalten werden. Von den Stelzen werden im Allgemeinen zwischen zwei und vier Stück in einem Ponton eingebaut. Logischerweise ist die Stabilität des Pontons umso höher, je mehr Stelzen verbaut wurden.

### **2.3.1 Stelzenponten mit Hydraulikbagger**

Die Arbeiten mit Hydraulikbaggern auf Stelzenponten ist eine der aktuellen Methoden der Nassbaggerung im Wasserbau. Hierzu werden in der Regel Hydraulikbagger mit Dienstgewichten ab ca. 40 to bis weit über 100 to verwendet. Der Einsatz kleinerer Bagger macht aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit und Reichweite meist wenig Sinn.

Die Bagger werden entweder als „normale“ Bagger samt ihrem Fahrwerk auf den Ponton gestellt oder sind ohne Unterwagen fest mit dem Ponton verbunden. In diesem Fall werden sie auch Backhoe genannt und verfügen aufgrund der festen Verbindung zwischen Bagger und Ponton über höhere Reißkräfte zum Lösen des Gewässerbodens.

### **2.3.2 Stelzenponten mit Seilbaggern**

Bei größeren Gewässertiefen bietet der Einsatz von Seilgeräten deutliche Vorteile, da Ihre Tiefenreichweite erheblich größer ist als bei den Hydraulikbaggern. Bedingt durch das Pendeln der Seile und der Drift im Flußbau kommt es jedoch hier zu größeren Ungenauigkeiten. Ebenso ist die Losbrechkraft eines seilgeführten Greifers mit der eines Hydraulikbaggers nicht vergleichbar.

## **2.4 Eimerkettenschwimmbagger**

Eimerkettenbagger sind kontinuierlich über die sogenannte Eimerleiter fördernde leistungsfähige Bagger, die im Wasser- sowie im Tagebau eingesetzt werden können. Für den Einsatz im Wasser ist der Bagger auf einer Schwimplattform, einem Ponton aufgebaut. Das Grundprinzip des Eimerketten-

bagger ist es, das Fördergut mit Eimern, die an der Eimerleiter, einer endlosen Kette befestigt sind, abzugraben. Die Eimerkette läuft über einen Antriebs- sowie einen Umlenktrass und besteht aus Gelenkgliedern. Der Antrieb der Kette erfolgt über den Antriebstrass in der Regel mittels eines starken Elektromotors. Die Eimer, welche das Baggergut auf der Sohle an der tiefsten Stelle aufnehmen schlagen am oberen Trass um und werfen das Material auf ein Förderband aus. Dieses Förderband befördert das Material seitlich vom Gerät und seinem Schwimmkörper weg in Schuten hinein. Der Eimerkettenschwimmbagger ist das optimale Gerät um Baggerungen in vielbefahrenen Gewässern mit einem sehr hohen Verkehrsaufkommen auszuführen. Der Bagger hält sich in der Regel an zwei weit vorausliegenden Bugankern, welche am Bagger-Kasko durch eine Unterwasserseilführung angebracht sind. Dadurch befinden sich die Drähte so tief im Wasser, dass der Schiffsverkehr durch die mindestens so tief wie die zulässige Abtauchtiefe, liegenden Drähte, nicht behindert ist. Diese Drähte sind dann jeweils rechts und links vorne am Bagger-Kasko auf einer ferngesteuerten Winde aufgetrommelt. Zum Baggern wird die Eimerleiter auf die Sollbaggertiefe herabgelassen und der Bagger über die Winden von einem Ufer zum andern bewegt. Diese Bewegung wird unter kontinuierlicher Einkürzung der Drähte also einer Bewegung nach vorne ständig wiederholt. Durch diese Art zu baggern ist die Methode auch sehr gut geeignet für geringe Vorlagen im Bereich weniger Dezimeter. Das Baggerergebnis ergibt eine sehr kontinuierliche und gerade Sohle.

Bezüglich der Verkehrssicherheit ist das Verfahren vorbildlich, dass sich der Bagger aufgrund der Steuerung über die beiden Bugdrähte im Gefahrenfall relativ schnell seitlich wegbewegen kann, und so dazu beitragen kann Kollisionen zu vermeiden. Mit einem Stelzenponton wären solche Manöver kaum denkbar oder nahezu unmöglich. Im Bereich des Niederrheins befinden sich Baggerstellen, wie z.B. die allseits bekannte Deutzer Platte in Köln, welche sich nach Ansicht der Fachleute aufgrund der Verkehrssituation und der geringen Baggervorlage (Schichtdicke des zu baggernden Materials) nur mit Eimerkettenbaggern baggern lassen.

## 2.5 Wasserinjektionsgerät

Hier handelt es sich in der Regel um selbstfahrende Schiffe. Die Schiffe werden mit entsprechender Wasserinjektionstechnik ausgestattet. Die Verfahren werden häufig in den tidebeeinflussten Bereichen und bei stark strömenden Gewässern eingesetzt. Das Prinzip des Wasserinjektionsverfahrens beruht auf einer Suspendierung von Sedimentmaterial durch einen Wasserstrahl, der durch das Ansaugen von Flusswasser über eine Pumpenanlage erzeugt wird. Über eine Vielzahl von Wasserstrahldüsen wird eine möglichst große Wassermenge mit möglichst geringem Druck in die Gewässersohle eingetragen. Auf diese Weise soll eine starke Aufwirbelung der Sedimente vermieden werden. Durch die Wasserinjektion entsteht über der Gewässersohle ein Wasser-Sediment-Gemisch. Im Idealfall bildet sich eine Suspensionsschicht hoher Dichte aus, die sich deutlich von dem darüber liegenden Wasserkörper abgrenzt. Diese Sedimente bewegen sich im Sinne des Ergebnisses der Baggerung optimaler Weise mit der fließenden Welle in den Mündungsbereich, also in die See. Sie breitet sich im Gewässer unter dem Einfluss der natürlichen, hydro-dynamischen Prozesse aus. Bei der Anwendung des Verfahrens in Binnengewässern und Häfen handelt es sich um ein lokales Umlagerungsverfahren, welches nicht zur Beseitigung des Bodenmaterials aus dem Gewässer führt. Gerade bei umwelttechnisch belasteten Bodenmaterialien ist dies ökologisch als fragwürdig zu betrachten.

In Binnenhäfen führt dieses Verfahren höchstens zu einer anderen Verteilung der Sedimente, nicht jedoch zu einer Entfernung derer. Somit gewinnt man durch den Einsatz dieses Verfahrens nur einen



gewissen zeitlichen Spielraum. Dennoch verbleibt das Material im Hafen und muss dann zu einem späteren Zeitpunkt entfernt werden. Weiterhin wird schwereres, körnigeres Material durch diese Technik nicht bewegt. Der sinnvolle Einsatz von Wasserinjektionsgeräten ist also im Wesentlichen auf die Mündungsbereiche mit starken Fließbewegungen begrenzt.

## **2.6 Hydrographie**

Von hoher Bedeutung für die Durchführung von Nassbaggerarbeiten ist die Kenntnis über die Bereiche von Un- und Übertiefen. Die heutige Technik ist in der Zeit von präzisiertem GPS und Fächerecholoten so weit, dass man sich recht einfach einen sehr guten Überblick über die Tiefen der Gewässersohlen bilden kann. Boote mit Fächerecholoten sind in der Lage in kurzer Zeit große Flächen der Gewässer zu peilen und danach zuverlässige und vor allem flächendeckende Daten zur Verfügung zu stellen. Hiermit können dann die entsprechenden Kubaturen für die Unterhaltungsbaggerung ermittelt werden, womit eine sorgfältige Planung für die Baggerung und die Verbringung des Baggergutes möglich ist. Ebenso ist mit Hilfe der Hydrographie eine Kontrolle der Nassbaggerarbeiten nach Ihrer Beendigung oder auch zur Zwischenkontrolle problemlos möglich.

## **2.7 Unterwassersichtgeräte**

Die immer weiter voranschreitende Technik bei der Vermessung der Gewässer ermöglicht heute die Erstellung von Digitalen Geländemodellen in denen Gewässerprofile und die Solltiefen dargestellt sind. Wenn man die Sollsohle mit der tatsächlich gemessenen Sohle überlagert erhält man die Abtrags- oder Auftragsflächen, welche durch den Baggerführer zu bearbeiten sind. Ab- oder Auftragsprofile werden für den Baggerfahrer auf einem Monitor visualisiert und mit dem entsprechenden Nassbaggergerät bearbeitet. Durch die Aufnahme von GPS-Daten über entsprechende Antennen ist eine sehr präzise Einmessung des Baggergeräts in das DGM (Digitales Geländemodell) möglich. Die Unterwassersichtgeräte-Technik dient neben der Navigation und Orientierungshilfe für den Geräteführer auch als Datenerfassungssoftware. Die Vermessungsdaten werden digital an den Bagger übertragen und mit einem Sollmodell verglichen. Der Geräteführer kann in Draufsicht und Querschnitt genau erkennen, welche Bereiche gebaggert werden müssen und wo er sich mit seinem Gerät befindet. Diese präzisen Informationen bringen eine enorme Effizienzsteigerung mit sich und führen heutzutage zu präzisen Baggerungen. Entsprechende Geräte gibt es nach dem Stand der Technik für alle Gerätetypen.

## **3 Umgang mit dem Baggergut**

Für den Umgang mit dem Baggergut gibt es verschiedenste Möglichkeiten. Eine der maßgebenden Regularien und Richtschnur hierfür ist insbesondere die Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland (HABAB-WSV), welche von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) in Koblenz entwickelt wurde. Nach der HABAB ist zu entscheiden, ob das Baggergut im Gewässer umgelagert oder verwendet werden kann. Dies ist generell die bevorzugte Verfahrensweise. Sollte dies nicht möglich sein ist das Baggergut zu Entsorgen. Die Entsorgung wiederum kann durch Beseitigung (Deponie, Verbrennung, ...) oder Verwertung (Erd- und Landschaftsbauwerke, Rekultivierungen, ...) erfolgen. Gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz ist die Verwertung in diesem die vorrangige Methode. Die Re-

gularien und Gesetze, welche zu beachten sind, sind komplex und umfangreich. Hier soll jedoch nicht im Detail weiter darauf eingegangen werden.

### **3.1 Umlagerung / Verwendung des Baggergutes im Gewässer**

Bei Baggerungen in fließenden Gewässern im Bereich des Ausbauprofils der Schifffahrtsrinne werden meist Sedimente mit Körnungen größer 0,063 mm angetroffen, welche nicht belastet sind. Diese Materialien können im Bereich des Gewässers umgelagert werden. Die hierfür am häufigsten verwendete Technik ist das Verladen der gebaggerten Massen in Klappschuten und das Verklappen an Stellen des Gewässers an den Übertiefen vorliegen. Diese Stellen liegen meist innerhalb von max. 20 km rund um die Baggerstelle. Hiermit wird auch verhindert, dass dem Gewässer das Material für den Geschiebetrieb fehlt und das vorhandene Geschiebedefizit vergrößert wird. (Geschiebe = Gestein, welches über die Gewässersohle „schiebt“ bzw. stromabwärts „geschoben“ wird).

### **3.2 Entsorgung durch Beseitigung oder Verwertung des Baggergutes**

Für die Planung von Nassbaggerarbeiten ist es von großer Bedeutung, Kenntnisse über Bodenmechanik und chemische Beschaffenheit des Baggergutes zu haben. Ist das Baggergut zu entsorgen, sind zwingend sorgfältige Überprüfungen, durch Probennahmen und Analysen vor Ausführung und Ausschreibung der Maßnahmen notwendig. Besteht keine Möglichkeit, das Material wie zuvor beschrieben, umzulagern oder zu verwenden, muss das Baggergut entsorgt werden. Die Regularien und Gesetze, welche zu beachten sind, sind komplex und umfangreich. Hierauf soll jedoch nicht weiter im Detail darauf eingegangen werden. Gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz ist die Verwertung in diesem Fall die vorrangige Methode. Für die Verwertung des Materials sind zahlreiche Möglichkeiten denkbar. Hierzu gehören zum Beispiel die Errichtung von Erd- und Landschaftsbauwerken, wie Lärmschutzwällen, Geländeaufhöhungen, die Schaffung von durchwurzelbaren Bodenschichten, die Hinterfüllung von neuen Hafenwänden usw. Für alle diese Maßnahme sind genaue Kenntnisse über die bodenmechanischen Eigenschaften und vor allem auch über mögliche Kontaminationen, also die chemischen Parameter des Baggergutes, notwendig zur Beurteilung der Verwertungsfähigkeit des Materials. Sollte keine Möglichkeit zur Verwertung gegeben sein, ist das Baggergut zu beseitigen. Unter Beseitigen versteht man die endgültige Ablagerung des Materials ohne besondere Zweckbestimmung um sich des Baggergutes zu entledigen. Auch in diesem Fall sind genaue Kenntnisse des Materials nötig, um die endgültige Ablagerungsstelle (Deponie) finden zu können.

## **4 Allgemeines Steinarbeiten**

Oberflächen von Wasserbauwerken, wie Sohle und Böschung benötigen oftmals einen Schutz gegen Belastungen aus Wellenschlag, Strömungen natürlicher Art und durch Schiffsantriebe induziert. Im Binnenwasserbau wird dies in der Regel durch Deckwerke aus Steinen hergestellt, auch wenn heute zunehmend ökologische Formen der Sicherung betrachtet werden.

## **5 Geräteinsatz für Steinarbeiten**

### **5.1 Allgemeine Geräte**

Für den Antransport der Steine werden in der Regel Binnenschiffe, Koppelverbände, Schubleichter in verschiedenen Konstellationen verwendet.

### **5.2 Einbaugeräte**

#### **5.2.1 Klappschuten**

Der Einsatz von Klappschuten für den Einbau von Wasserbausteinen ist auf spezielle Baumaßnahmen begrenzt. Es handelt sich hierbei meist um Kolkverbauten oder sonstige großflächige Maßnahmen. Auch mit Klappschuten kann bei kleinen Schuten bzw. kleinen Ladungen und entsprechender Erfahrung des Bedienpersonals ein sehr sorgfältiger und präziser Einbau erfolgen.

#### **5.2.2 Seilbagger und Hydraulikbagger auf Ponten**

Ein Standardgerät für den Einbau von Wasserbausteinen ist nach wie vor der Hydraulikbagger oder Seilbagger auf einem Ponton als Trägergerät. Sämtliche Varianten einer Bagger-Ponton-Kombination kann hier zum Tragen kommen.

Beide Gerätetypen, ob Seil- oder Hydraulikbagger werden heutzutage mit einem Baggersichtgerät versehen, so dass der Geräteführer, genauso, wie beim Baggern erkennen kann, wo und in welcher Lage unter Wasser gerade arbeitet. Bei entsprechender Qualifikation der Geräteführer sind mit beiden Gerätetypen gute Genauigkeiten erzielbar.

#### **5.2.3 Schüttgerüste oder Steinstürzer**

Eine sehr genaue und wirtschaftliche Einbaumethode ist das sogenannte Schüttgerüst oder auch Steinstürzer genannt. Hier werden eine große Anzahl von Lamellen in einem Rahmen, der üblicherweise in der Größenordnung von 5 \* 20 m vorliegt, aufgehängt. Die Lamellen werden zum Befüllen des Schüttgerüsts mit Steinen alle auf die gleiche Höhe gezogen. Auf die Lamellen innerhalb des Rahmens werden dann Wasserbausteine in der gewünschten Dicken (=Deckwerksdicke) aufgebracht. Jede zweite Lamelle wird dann abgelassen, so dass die Steine anfangen zwischen Lamellen durchzurutschen und so sehr gleichmäßig auf dem Grund aufgebracht werden können. Hier erübrigt sich bei sorgfältiger Arbeit ein weiteres Nachprofilieren.

Das Schüttgerüst wird üblicherweise in eine Gerätekette mit Mattenleger (wenn erforderlich) und Belegeponten eingebettet, die evtl. an landgestützte Geräte als Positionierhilfe gebunden ist.

#### **5.2.4 Pflugboot**

Eine effektive Methode zur Einebnung von Steinschüttungen stellt das sogenannte Pflugboot dar. Hierbei handelt es sich um ein stark motorisiertes Schubboot, an dem am Heck ein Planierbalken angebracht ist. Der Planierbalken besteht aus einem massiven Stahlträger verschiedener Bauarten. Er ist so an dem Schubboot befestigt, dass der Träger höhenvariabel abgelassen werden kann. Das Schubboot schleift dann diesen Träger über den Grund und ebnet die Steinschüttung effektiv und präzise ein.

# Wasserhaltung, Grundwassermanagement und digitales Monitoring

Dipl.-Ing. Henning Thormann, Brunnenbau Conrad GmbH, Bad Langensalza

Aus Wasserhaltung wird Grundwassermanagement. Der Einzug der Digitalisierung und Datenfernübertragung auf den Baustellen bringt viele Vorteile bei der Überwachung und Steuerung der Anlagen. Durch die Optimierung der Prozesse können Ressourcen geschont, Kosten eingespart und der Betrieb der Anlagen sicherer gestaltet werden. Im Vortrag werden die Grundlagen erläutert und Beispiele von ausgeführten Baustellen gezeigt.

## 1. Allgemeine Definition Management:

- Unter Management versteht man die konkrete Organisation von Aufgaben und Abläufen.
- Baumanagement: Leitung und Organisation eines Bauvorhabens
- Projektmanagement: Planen, Steuern und Kontrollieren von Projekten

Quelle: Wikipedia

## 2. Definition Grundwassermanagement:

- Planen, Steuern und Kontrollieren von Grundwasserabsenkungsmaßnahmen
- Ganzheitliche Betrachtung unter Einbeziehung der Absenkung und Wiederversickerung
- Planung unter Berücksichtigung Umweltschutz und der Auswirkungen auf die Natur
- Steuerung der Anlagen über entsprechende Systeme (SPS)
- Kontrolle aller Werte im Grundwassermonitoring (Grundwasserstände, Fördermengen, Wasserqualität, z.B. pH-Wert, Trübung, Temperatur, Salinität usw.)
- Erfassung, Dokumentation, Speichern, Auswerten aller Daten
- Visualisierung und Fernüberwachung, GPRS-Datenfernübertragung
- Online-Überwachung, 24 –h Dokumentation

Damit sind wir beim neuen Schlagwort:

Industrie 4.0 (auch Intelligente Produktion und Vierte industrielle Revolution) bezeichnet die Informatisierung der Logistik (Alles ist immer online). Das ist auch unter Baustellenbedingungen möglich.



### 3. Vorteile Grundwassermanagement und digitales Monitoring:

- Optimieren aller Prozesse
- Reaktionen in Echtzeit möglich
- Einsparung von Stromkosten (Einsatz von Frequenzumrichtern)
- Schonung der Umwelt (Absenkbeträge minimieren)  
wichtig für Baumschutz oder Schutz von Holzpfahlgründungen)
- umfangreiche und optimale Beweissicherung
- Einsparung und Optimierung von Personalkosten durch elektronische 24-h Überwachung
- Festlegung und Überwachen von Soll-Werten und Kontrolle der Einhaltung dieser Werte
- Verknüpfung mit automatischer Alarmierung: Ausfallrisiko wird gesenkt
- Durch Online-Einsatz können alle Projektbeteiligten alle wichtigen Werte jederzeit einsehen
- Vereinfachung der Dokumentation, da alle wichtigen Parameter bereits aufgezeichnet werden

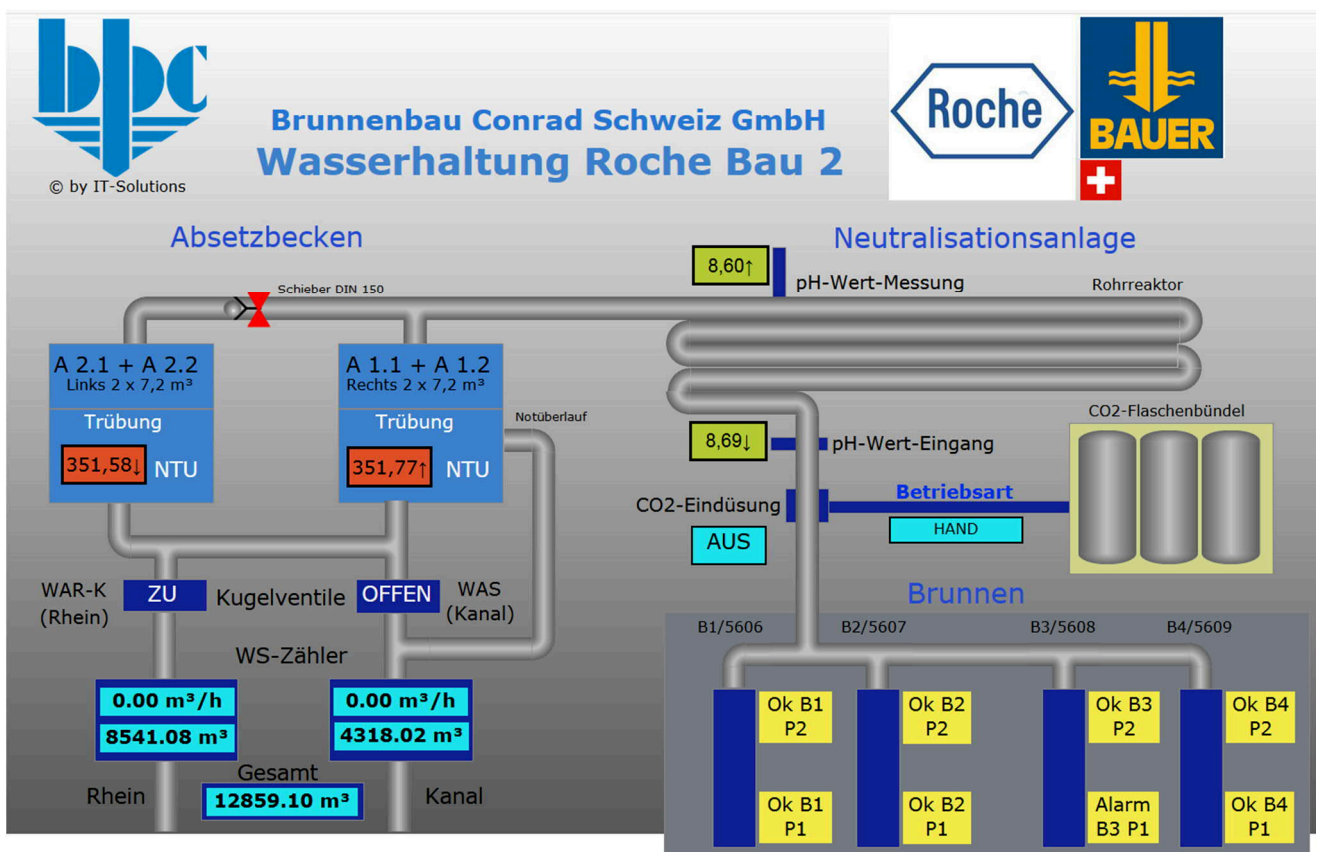


Bild 1: Visualisierung der Prozessdaten am Beispiel Basel ROCHE Bau 2, Ansicht Oberfläche

#### 4. Nachteile Grundwassermanagement:

- Die „gläserne Baustelle“: alle Ausfälle werden dokumentiert bzw. online sofort dargestellt (ein Peak der Daten ist im Verlauf dargestellt und für alle Berechtigten sichtbar)
- Hohe Anfangsinvestition für die Anlage und das Equipment (mehrere 100.000,- €), daher zur Zeit meist nur für langfristige, aufwendige Tunnelprojekte in sensibler Umgebung

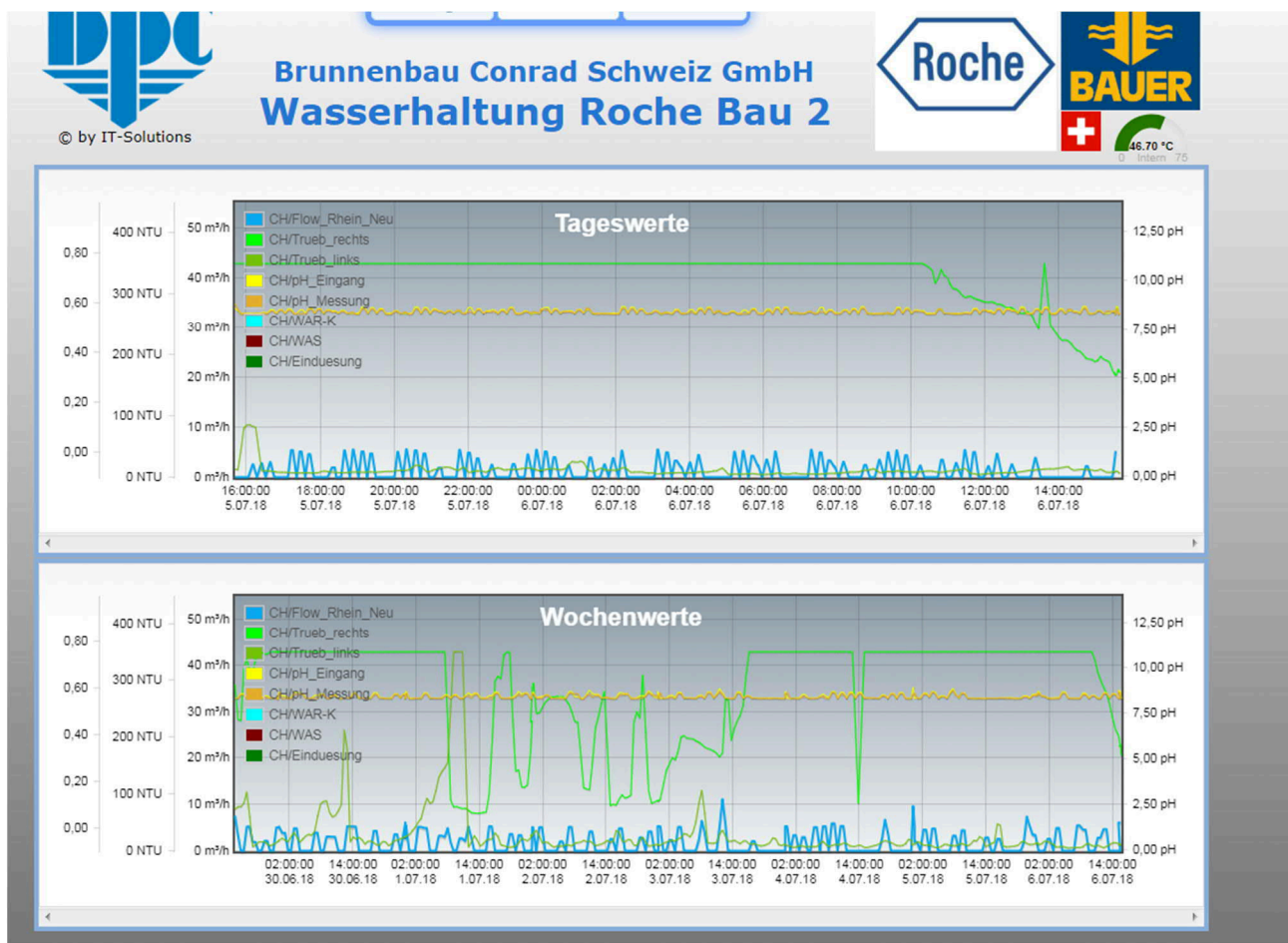


Bild 2: Visualisierung der Prozessdaten am Beispiel Basel ROCHE Bau 2, Ansicht Verlauf



## **Planen und Bauen-Modelle - Chancen für ein partnerschaftliches Bauen im Spezialtiefbau**

Karl-Heinz Heller – PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH

Thomas Rosenstein – GDWS-Unterabteilungsleiter W1 Strategie und Planung

Bei der Umsetzung öffentlicher Baumaßnahmen ist seit Jahren der zunehmende Trend einer gegenüber der Ursprungsplanung deutlichen Verteuerung und verzögerten Fertigstellung erkennbar. Die Überschreitung geplanter Bauzeiten von mehreren Jahren ist bei größeren Bauprojekten beinahe die Regel. Die Ursache liegt häufig in einer zwischen Auftraggeber (AG) und Auftragnehmer (AN) strittigen Sichtweise der Baudurchführung. Diese endet häufig in Rechtsstreitigkeiten und Baustillständen. Die Diskussionen um Behinderungsanzeigen und Nachträge und die damit häufig verbundenen juristischen Auseinandersetzungen sind für beide Parteien lähmend und personalintensiv. Diese Entwicklung steht im Widerspruch zu den bestehenden Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Zustand der öffentlichen Infrastruktur und den knappen Personalressourcen.

Die herkömmliche Praxis zur Abwicklung von Großprojekten (mit vorgegebenem Leistungsverzeichnis) sollte daher überdacht werden. Die Niedrigpreisdominanz bei der Angebotsbearbeitung (nachtragsorientierte Kalkulation), zu starre Vorgaben des AG (kaum Gestaltungsspielraum für AN), eine zu geringe Auseinandersetzung des Bieters mit dem Bauwerk vor der Vergabe und ein Entscheidungsstau auf der Baustelle werden in einschlägigen Diskussionsforen als Hauptgründe für die Entwicklung genannt.

Von diesen Hemmnissen ist innerhalb des Gesamtprojektes vor allem der Spezialtiefbau betroffen, da dieser in der Regel die meisten Risiken (z. B. Baugrund) beinhaltet und Interpretationsspielräume (oft Einzelfalllösungen) zulässt.

In einem begonnenen Dialogprozess zwischen Wirtschaftsvertretern, der Politik und der Verwaltung wurde erkannt, dass diese Entwicklung für alle Seiten nicht mehr zielführend ist und strategische Überlegungen für eine Beschleunigung von Bauprojekten und eine „Bauen statt Streiten“-Dialogkultur erforderlich sind.

Hierbei wurden zur Beschleunigung von Projekten verschiedene Lösungsansätze, wie die Standardisierung (für den Spezialtiefbau eher weniger relevant), interne Prozessoptimierung (parallele Planungsschritte, Zustimmungs- und Genehmigungsregelungen) und moderne Planungsmethoden (effizientes Projekt- und Risikomanagement, BIM („Building Information Modelling“)), identifiziert. Diese alleine können die Probleme auf der Baustelle jedoch nicht lösen.

Um die Qualität und den Dialog zu fördern, werden von der GDWS auch eine stärkere Nutzung der Bandbreite vorhandener Instrumente der Vergabe (z.B. stärkere qualitätsbezogene Wertung der Angebote, Bonus-Malus-Regeln) und eine engere Einbeziehung der Bauindustrie (Verhandlungsverfah-

ren, umfassende Vergabe von Ausführungsplanung und Ausführung in Planen-Bauen-Modellen (PB-Modelle)) vorangetrieben.

Das PB-Modell ist dem Grunde nach nichts anderes als die Ausschreibung eines Bauvorhabens nach Leistungsprogramm (evtl. auch für Teilgewerke). Hierbei müssen die erforderlichen Ziel- und Qualitätsvorgaben für das zukünftige Bauwerk genau definiert werden. Mit diesem Modell soll eine stärkere Planungsverantwortung (bereits vor der Vergabe) für den Auftragnehmer erreicht werden. Die Ausschreibung erfolgt in der Regel im Rahmen eines 2-stufigen Verhandlungsverfahrens, in dem ein entsprechender Dialog über die auszuführende Leistung vor dem Vergabezeitpunkt stattfindet. Innerhalb dieses Verfahrens erarbeitet der Bieter seinen Lösungsvorschlag und stellt diesen vor. Die Verantwortung für die vergaberelevanten Lösung und die Ausführungsplanung wird im Vertrag an den AN übertragen. Die Planungsstufen von der Vorplanung bis zur Erlangung des Baurechtes verbleiben sinngemäß beim Auftraggeber.

Durch dieses in anderen Verwaltungsbereichen und in weiten Teilen Europas bereits etablierte Verfahren soll eine risikoärmere Kalkulation der Bieter erreicht werden, denn der AN ist gezwungen, Projekte noch vor Angebotsabgabe zu planen und zu durchdringen. Zudem dürfte eine bessere Wertung der Qualität möglich sein, da die vorzulegende Planung im Rahmen des Vergabeverfahrens die Qualität der Planung offen legt. Wesentlich ist aber auch der Aspekt, dass sich beide Parteien vor Vertragsabschluss über das „Wie“ der Umsetzung der Maßnahme verständigt haben. Das komplexe Vergabeverfahren steht im Kontext mit dem Ziel eines reibungsloseren und damit ressourcenschonenderen Bauablaufs.

In der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) soll das System im Rahmen repräsentativer Projekte pilothaft getestet werden. Hierbei sollen Erfahrungswerte hinsichtlich der Kriterien Qualität, Erfolg und Vertragsabwicklung gesammelt werden.

Vorgesehene Projekte (im ersten Schritt mit vorliegender Planung) sind der Neubau eines Trockendocks in Brunsbüttel sowie der Neubau der Schleuse Kriegenbrunn (Teilmaßnahmen, u. a. Baugrube). Im weiteren Schritt sollen Projekte ohne vorliegende Detailplanung (Sanierungsmaßnahmen im Westdeutschen Kanalnetz, Sanierungen Küstenkanal, Wehr Wieblingen) folgen

Die PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH steht hierbei mit ihrer langjährigen Erfahrung als Berater bei der Aufstellung der Vergabeunterlagen, Prozessbegleitung des Verhandlungsverfahrens, Bewerten der Angebote und Auswahl der Bieter zur Verfügung.

Als Beispiele aus dem Hochbau werden zwei Projekte (die Neubauten des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) sowie des „Futuriums“, beide in Berlin) präsentiert, bei denen es im Rahmen eines Partnerschaftsmodells gelungen ist, den vereinbarten Zeit- und Kostenrahmen einzuhalten und die geforderten Qualitäten umzusetzen.

Beim Neubau des BMBF wurden Planung, Bau, Betrieb und Finanzierung in einem gebündelten EU-weiten Vergabeverfahren ausgeschrieben, das nach einem Teilnahmewettbewerb ein zweistufiges Verhandlungsverfahren vorsah. Die Aufgabe wurde durch eine funktionale Leistungsbeschreibung



definiert, in der alle Anforderungen an das Gebäude und den langfristigen Betrieb entsprechend dem Bedarf des Nutzers Output-orientiert festgelegt waren. Der Projektvertrag einschließlich gesonderter Dienstleistungsverträge regelt die gegenseitigen Verpflichtungen, die Risikoverteilung, Sicherungsmechanismen und die Streitregelung. Ein Malus-System sowie Vertragsstrafen bei Terminüberschreitungen sichern die vertragsgerechte Erfüllung der Aufgaben in der Bau- und Betriebsphase.

Vor Beginn des Vergabeverfahrens war eine Vielzahl an Vorarbeiten einschließlich der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung notwendig. Die Bedarfsbeschreibung für das neue Ministeriumsgebäude wurde von der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA) in Zusammenarbeit mit dem Nutzer BMBF und verschiedenen externen Beratern erstellt. Die Bedarfsbeschreibung umfasste die Raumbedarfsplanung, d. h. die Beschreibung räumlicher Zusammenhänge unter Berücksichtigung der verschiedenen Arbeitsabläufe sowie die Definition der Anforderungen an Verkabelungen und Sicherheitstechnik oder Lage, Größe und Ausstattung der verschiedenen Raumtypen.

Mit der abschließenden Wirtschaftlichkeitsuntersuchung konnte die wirtschaftlichste Beschaffungsvariante unter Berücksichtigung der Bieterangebote ermittelt werden. Die konventionelle Eigenrealisierung wurde mit dem Konzept einer ÖPP verglichen. Mit einem Effizienzvorteil von 9,5 Prozent gegenüber der konventionellen Realisierung ging die ÖPP-Realisierung als wirtschaftlichste Beschaffungsvariante hervor. Das realisierte Modell sieht wie folgt aus:

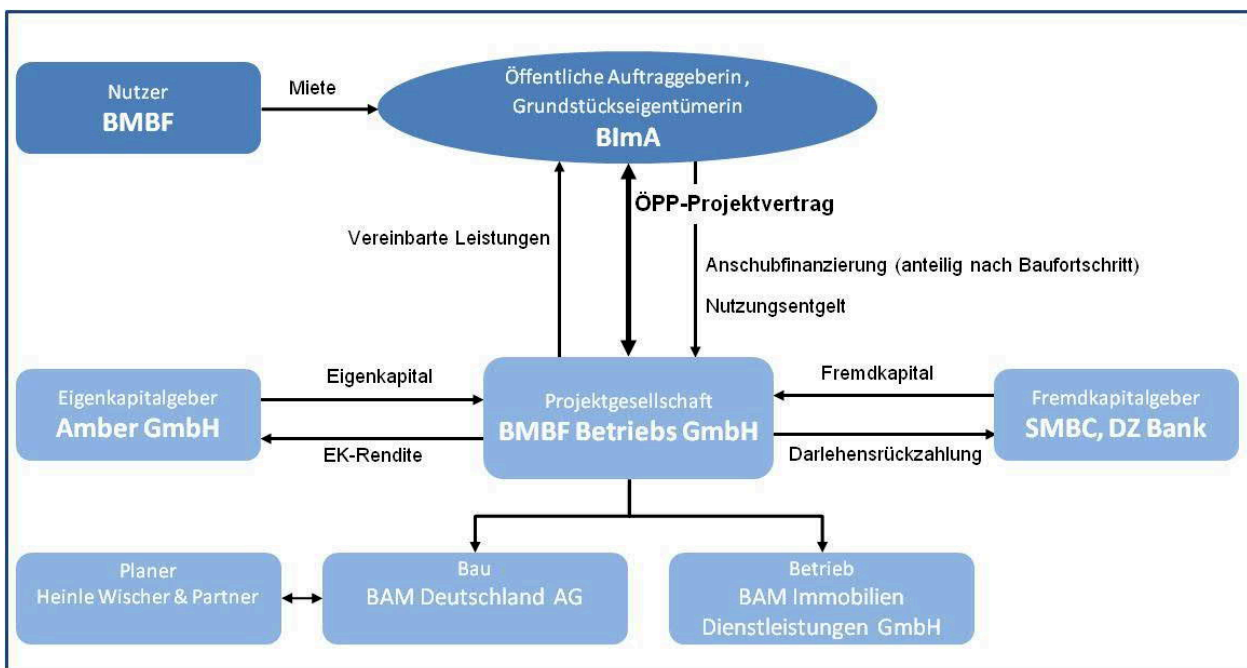


Bild 1: Projektorganisation

Für den Neubau des BMBF gründete der private Partner (Amber GmbH, INPP Public Infrastructure Germany GmbH & Co. KG, BAM Deutschland AG sowie die BAM Immobilien-Dienstleistungen GmbH) eine Projektgesellschaft in Form einer GmbH.

Zur Koordination der Beteiligten und Unterstützung in wirtschaftlichen, juristischen und technischen Belangen wurden Beraterunternehmen frühzeitig eingebunden. Zur Sicherung der geforderten hohen Qualität wurde nicht nur ein entsprechendes Bewertungssystem entworfen, sondern auch ein Bau-fachliches Bewertungsgremium in der Besetzung wie bei einem Wettbewerb nach der Richtlinie für

Planungswettbewerbe (RPW) zur Wertung der Angebote in den jeweiligen Stufen des Vergabeverfahrens eingesetzt.

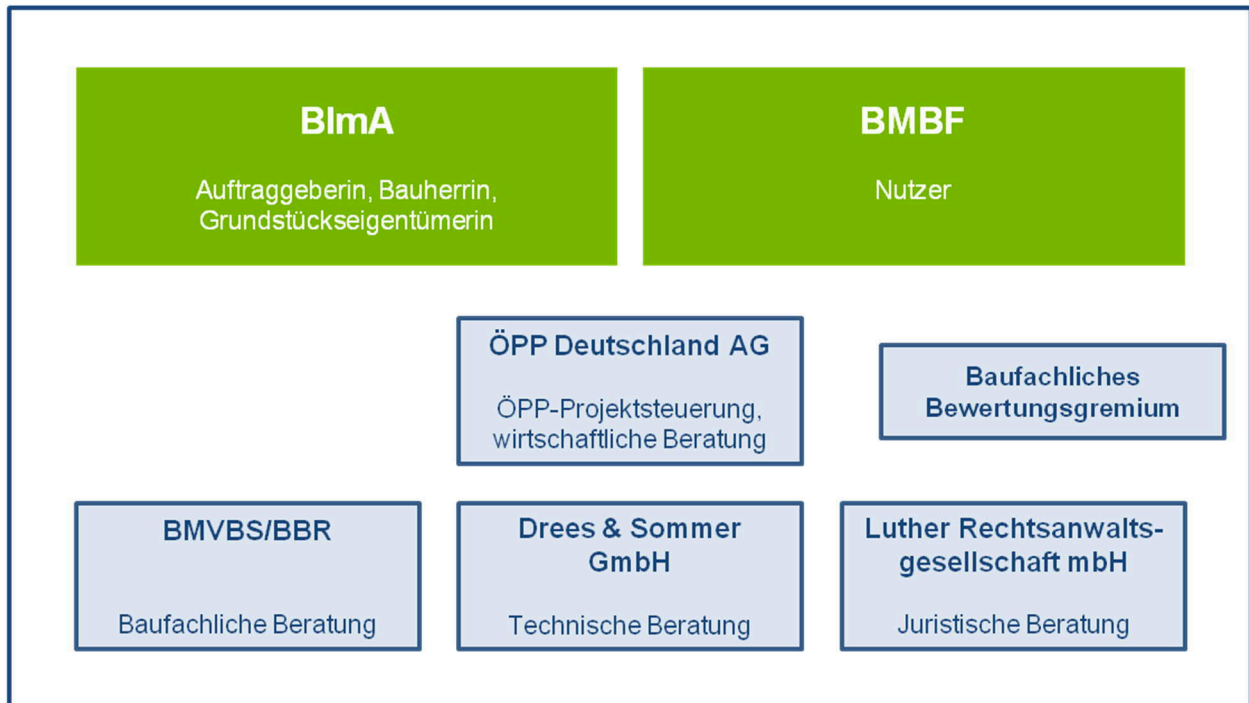


Bild 2: Organisation Auftraggeberseite

Beim Neubau des Futurium wurde ein im Grundsatz ähnliches Verfahren gewählt, das allerdings zwei wesentliche Änderungen gegenüber dem BMBF-Verfahren vorsah:

Die Planung wurde durch einen vorgeschalteten zweistufigen Wettbewerb nach RPW 2013 vorgegeben, und zwar in Bezug auf die Gestaltung bis zu Leitdetails. Zudem war das im Wettbewerb obsiegende Büro in den Bauprozess bis zur Fertigstellung eingebunden. Allerdings wurden weite Teile der technischen Ausstattung und Konstruktion für Optimierungen durch die Bieter freigegeben und in ihre Verantwortung gelegt.

Der zweite Unterschied liegt darin, dass eine Finanzierung nicht gefordert wurde; in der Bauphase wurde in monatlichen Raten nach Baufortschritt gezahlt.

## Der LCPC-Versuch zur Bestimmung der Abrasivität von Boden

Dipl.-Ing. Annette Richter, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

In der Geotechnik ist unter dem Begriff der Abrasivität von Boden ein Verschleißpotential zu verstehen, welches bei vorwiegend abrasiver Einwirkung einen Verschleiß (Oberflächenveränderungen und/oder Masseverlust) an metallischen Gegenständen (Geräte und Werkzeuge) hervorruft. Das Verschleißpotential, in Interaktion mit dem Baubetrieb und der Maschinentechnik, bestimmt die Effektivität der eingesetzten Geräte und Werkzeuge. Mit Einführung der Homogenbereiche fordert die VOB/C für Bohr-, Rohrvortriebs- und Horizontalspülbohrarbeiten die Angabe der Abrasivität von Boden, bestimmt durch den LCPC-Versuch nach der französischen Norm NF P 18-579. Im nachfolgenden Beitrag werden anhand der für die Abrasivität maßgebenden Bodeneigenschaften und der Versuchstechnik die Anwendungsgrenzen dieses Versuchs und die damit gegebene Diskrepanz zur VOB-Forderung aufgezeigt.

### Maßgebende Bodeneigenschaften

In den letzten Jahren wurden z. B. von der TU Wien (Drucker 2010, 2013), der TU München (Thuro 2006) und der RWTH Aachen (Feinendegen 2018) zahlreiche Forschungsarbeiten veröffentlicht, in denen man sich mit der Abrasivität von Boden i. A. und speziell mit der Bestimmung der maßgebenden Bodeneigenschaften sowie deren Einfluss auf die Abrasivität befasst. Dazu wurden folgende Zusammenhänge festgestellt:

- Mineralogische Zusammensetzung bzw. äquivalenter Quarzgehalt:
  - Je höher die Mineralhärte desto größer die abrasive Wirkung
- Korngröße und Kornverteilung:
  - Je größer das Einzelkorn desto größer die abrasive Wirkung
- Kornform und Kornrundung, Gehalt an Bruchkorn:
  - Je scharfkantiger das Einzelkorn desto größer die abrasive Wirkung
- Wassergehalt:
  - Mit zunehmendem Wassergehalt steigen die Bindungskräfte im Boden auf ein Maximum, um dann wieder abzusinken. Mit dem Ansteigen der Bindungskräfte steigt auch der Verschleiß an metallischen Werkstoffen.
- Verfestigungen, Lagerungsdichten, Kohäsion und Reibung:
  - Je größer desto größer die abrasive Wirkung

Eine wichtige Quintessenz der Forschungsarbeiten ist, dass zur Bestimmung der Abrasivität des Bodens die Bodeneigenschaften in ihrer Gesamtheit zu betrachten sind. Welche Bodeneigenschaft im Zusammenspiel die tatsächlich dominierende Eigenschaft ist, kann dabei nur im Einzelfall bestimmt werden.

## Versuchsmethoden zur Bestimmung der Abrasivität von Boden

Neben den maßgebenden Bodeneigenschaften ist die Versuchstechnik für die Interpretation der Versuchsergebnisse ebenso relevant. Für die Bestimmung der Abrasivität von Boden stehen je nach Korngröße und Verschleißart unterschiedliche Verfahren zur Verfügung. Der Anwendungsbereich dieser Verfahren ist am Beispiel eines sandigen Kiesel im Diagramm von Drucker (2010), siehe Bild 1 verdeutlicht. Wie die Einzelversuchsergebnisse zu einer „Gesamtabrasivität“ zu interpretieren sind, ist nach wie vor nicht geklärt.

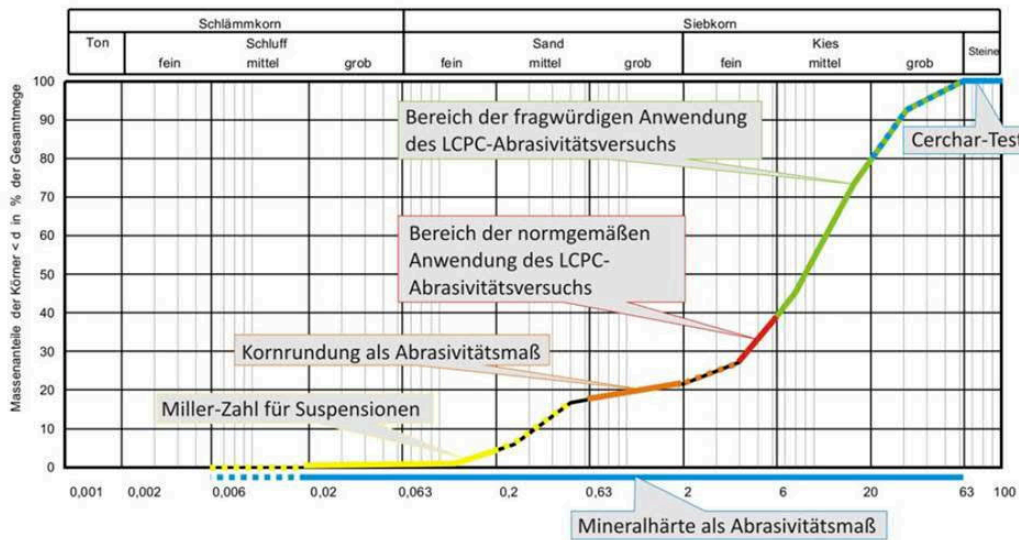


Bild 1: Sieblinie eines sandigen Kiesel (Donauschotter) und Stand der Technik für Aussagen über die Abrasivität des Korngemischs, aus Drucker (2010)

## Verschleißtopfversuch: LCPC-Versuch nach NF P 18-579

Bei dem Verschleißtopfverfahren (Bild 2-links) wird der Prüfkörper (Drehflügel, 3) an einer Welle befestigt und in einem mit körnigem Bodenmaterial gefüllten Versuchsbehälter (4) über den Elektromotor (1) mit einer definierten Drehgeschwindigkeit gedreht. Die Beanspruchung im Verschleißtopf soll dabei den mechanischen Bearbeitungs- bzw. Abbauprozess in situ abbilden. Für eine regellose Abfolge von Gleit-, Roll- und Schlagkontakten bei ständiger Überwindung der Scherfestigkeit des Bodens ist eine Mindestgröße der Bodenkörner erforderlich, da ansonsten die größeren Körner in der Matrix der kleineren Körner eventuell nur „schwimmen“ und am Probekörper nicht die geforderte Verschleißform verursachen. Andererseits ist die Maximalgröße der Körner über die Größe des Einfülltrichters (2) und über die Behältergröße vorgegeben. Ein Verschleißtopfverfahren ist u. a. der für Steinbrucharbeiten im Laboratoire Central des Ponts et Chaussées entwickelte und in der NF P 18-579 geregelte LCPC-Verschleißtopfversuch. Diese Norm definiert den Prüfkörper (Bild 2-rechts, C15, HRB 60-75), den Versuchsbehälter (Bild 2-rechts), das zulässige Probenmaterial (Korndurchmesser von 4,0 - 6,3 mm, 500 g ± 2 g, ofengetrocknet) sowie die Versuchsdurchführung und -auswertung. Der aus diesem Versuch resultierende Abrasivitätskoeffizient  $A_{BR}$  berechnet sich aus dem Quotienten der Verschleißmasse des Drehflügels  $w_m$  in Gramm zu der Ausgangsmasse der Bodenprobe  $M$  nach der aktuellen Norm mit  $M$  in Gramm zu:

$$A_{BR} = 10^6 \cdot \frac{w_m \{in\ Gramm\}}{M \{in\ Gramm\}}$$



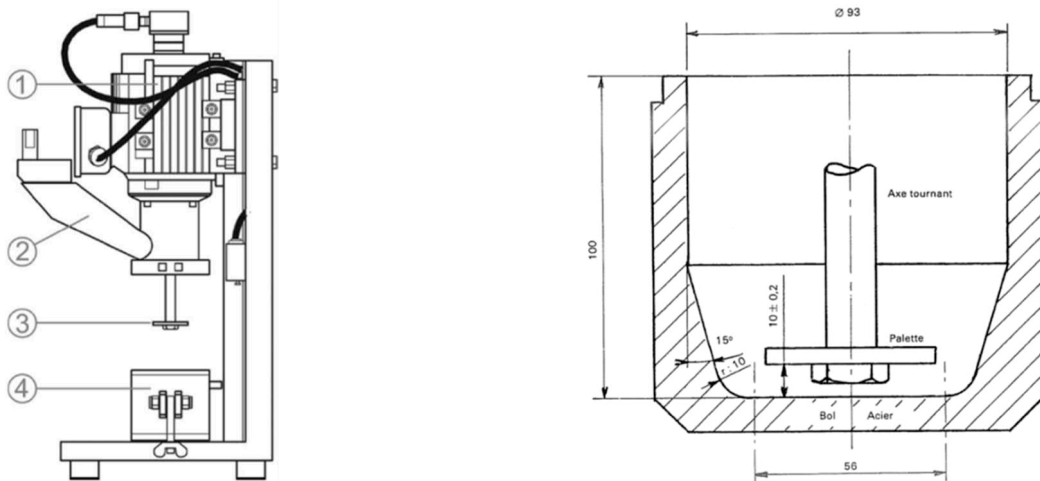


Bild 2: Versleißstopfprüfgerät aus Käsling (2010) und LCPC-Verschleißstopf aus NF P 18-579

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen eine Abhängigkeit des Versuchs vom Drehflügel (Material, Größe und Form) sowie von der Drehgeschwindigkeit und der Versuchsdauer.

Um eine sowohl laborinterne als auch laborübergreifende Vergleichbarkeit und Bewertung der Versuchsergebnisse zu erhalten sind diese versuchstechnischen Randbedingungen klar zu definieren und einzuhalten. Insbesondere gilt dies für das Material des Drehflügels, welches aktuell, aufgrund der eher ungebräuchlichen Stahlgüte C15, von den Laboren nicht einheitlich verwendet wird. Hier besteht daher die Notwendigkeit einer „neuen Festlegung“. Betrachtet man die für die Abrasivität maßgebenden Bodeneigenschaften, so können mittels LCPC-Verschleißstopfverfahren nur die Mineralogische Zusammensetzung und bedingt die Reibungsparameter (Kohäsion und Reibungswinkel) berücksichtigt werden. Nicht bzw. nur sehr bedingt berücksichtigt sind Korngröße und Kornverteilung, Kornform und Kornrundung, Verfestigungen, Wassergehalt sowie die Lagerungsdichte. Es ist daher offensichtlich, dass der LCPC-Versuch allein das Verschleißpotential des Bodens im zulässigen Kornbereich 4,0 – 6,3 mm nicht vollständig erfassen kann.

### Diskrepanz zwischen dem Stand der Wissenschaft und der VOB/C

Die VOB/C fordert zur Bestimmung der Abrasivität von Boden, d. h. von Ton, Schluff, Sand und Kies die Angabe des  $A_{BR}$  - Werts ermittelt aus dem LCPC-Versuch. Zusätzlich zu den bereits erwähnten Unzulänglichkeiten kann im LCPC-Versuch allerdings nur Boden im Korngrößenbereich zwischen 4,0 und 6,3 mm (Feinkies) untersucht werden. Größeres Korn kann zwar auf den Anwendungsbereich gebrochen werden, inwieweit sich aber die unterschiedlichen Effekte „kleineres Korn“ dafür aber „scharfkantiger“ neutralisieren ist fragwürdig. Die Verwendung von Korngrößen  $< 4$  mm ist auf Basis der Versuchstechnik nicht zugelassen. Die Unzulänglichkeit des Versuchs verdeutlicht sich z. B. an der Abrasivitätsbestimmung eines grobsandigen und eines feinsandigen Mittelsands (hoher Kornanteil  $< 4$  mm), dessen äquivalenter Quarzgehalt auf ein stark abrasives Verhalten hindeutet. Der LCPC-Versuch an diesem Mittelsand hingegen ergab einen nur sehr geringen  $A_{BR}$  - Wert (schwach abrasiv).



## Umsetzung der VOB/C Vorgabe in der BAW

Im BAWMerkblatt *Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche nach VOB/C* wird die VOB Vorgabe bezüglich der Abrasivitätsbestimmung von Boden, trotz der vielen Unklarheiten, versucht durch eine Variantenbetrachtung umzusetzen. Bis zur weiteren Klärung seitens der VOB ist es somit zumindest möglich einheitlich strukturierte Versuche durchzuführen. In der Variantenbetrachtung werden dabei drei unterschiedliche Kategorien bzgl. der Kornverteilung (Variante A: sandige Kiese oder gröber, Variante B: kiesige Sande, Variante C: Sande) unterschieden. Da die bindigen Bodenarten im Versuch dämpfend wirken, werden diese abgetrennt bzw. nicht untersucht. Je nach Variante erfolgt eine unterschiedliche Probenaufbereitung für den LCPC-Versuch. Eine normkonforme Versuchsdurchführung erfolgt jedoch nur für die Variante A.

## Zusammenfassung/Fazit

Der Verschleiß kann nicht ausschließlich durch die Abrasivität des Bodens bewertet werden. Zudem sind für die Bestimmung der Abrasivität von Boden alle maßgebenden Bodeneigenschaften gemeinsam zu berücksichtigen. Aufgrund der Forderung der VOB/C ergeben sich die nachfolgenden Fragestellungen, die zu klären sind:

- Wie ist mit dem Kornanteil > 6,3 mm zu verfahren? Falls dieser Kornanteil zugelassen werden soll, ist eine einheitliche Probenzerkleinerung zu definieren und in der Normung festzulegen.
- Wie ist mit dem Kornanteil < 4 mm zu verfahren, der aus versuchstechnischen Gründen nicht für den LCPC-Versuch geeignet ist?
- Wie setzt sich die 500-g-Probemasse aus einem Homogenbereich kiesiger Sand zusammen?

## Literatur

- NF P 18-579:2013: Granulats- Détermination des coefficients d'abrasivité et de broyabilité (P 18-579). Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2017): BAWMerkblatt Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche nach VOB/C (MEH). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, - Empfehlungen und – Richtlinien).
- Drucker, Petra (2010): Österreichische Vereinigung für grabenlosen Leitungsbau 2010. Einfluss der Abrasivität von Lockergestein auf den maschinellen Rohrvortrieb. Symposium Grabenlos am 19.-20. Oktober 2010 in Saalfeldern.
- Drucker, Petra (2013): Über die Abrasivität von Lockergestein und den Werkzeugverschleiß im Spezialtiefbau. Wien: Technische Universität Wien.
- Thuro, Kurosch; Singer, John; Käsling, Heiko; Bauer, Markus; (Hg.): Deutsche Gesellschaft für Geotechnik Essen 2006. Abrasivitätsuntersuchungen an Lockergestein im Hinblick auf die Gebirgslösung. 29. Baugrundtagung am 27. – 29. September 2006 in Bremen.
- Thuro, Kurosch; Käsling, Heiko: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik Essen 2010. Bestimmung der Gesteinsabrasivität – Versuchstechnik und Anwendung. 31. Baugrundtagung am 3. – 6. November 2010 in München.
- Feinendegen, Martin; Ziegler, Martin (2018): Zur Aussagekraft des LCPC-Versuchs für die Festlegung von Homogenbereichen. In: Geomechanics and Tunnelling 11 No.2, S. 113 – 122.

## Neuere Entwicklungen in der Schlitzwandtechnik

Prof. Dr.-Ing. Matthias Pulsfort, Bergische Universität Wuppertal

Stahlbetonschlitzwände sind inzwischen als Standardlösung für den Verbau von tiefen und großen Baugruben im Lockergestein bei hochstehendem Grundwasserspiegel anerkannt. Als Wandstärken werden dabei - abhängig von der vorgesehenen Aushubtiefe gestaffelt zwischen 0,8, 1,0, 1,2, 1,5 und 1,8 m, in jüngster Zeit auch bis zu 2,0 m ausgeführt.

Im Vergleich zu einer überschnittenen Bohrpfahlwand hat eine Stahlbetonschlitzwand den Vorteil, dass es weniger Abschnittsfugen zwischen den Einzelbauteilen gibt und dass die Bewehrung zur Aufnahme der Biege- und Schubbeanspruchung in der Wand gestaffelt und orientiert eingelegt werden kann. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit der Platzierung von Einbauteilen wie Anschweißplatten für Steifen- bzw. Gurte- bzw. Ankerdurchführungen. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, mit dem großen Schlitzwandgreifer Hindernisse wie größere Blöcke und Findlinge entweder zu greifen und aus dem Schlitz zu heben oder beim Aushub durch seitliches Freigraben bis an die Schlitzsohle abzusenken.

In Deutschland hat sich für den Schlitzwandaushub vorrangig die Seilgreifertechnik etabliert, daneben werden jetzt vermehrt auch Hydraulikgreifer eingesetzt, die am Seil geführt werden. Die häufigsten Greiferabmessungen erlauben Einzelstichlängen von 2,80 m und 3,40 m, für Dichtwände auch 4,20 m. Diese Technik hat sich für Arbeiten in nicht-bindigen Böden ebenso wie in bindigen Böden bis hin zu halbfester bis fester Konsistenz bewährt, wobei eine Einbindung in festen Fels damit nur mit besonderem Löseaufwand wie Meißeln möglich ist.

Für eine integrale, ausreichend wassersperrende und tragfähige Baugrubenwand – unabhängig davon, ob es sich um einen reinen Baubehelf oder einen Bestandteil des endgültigen Bauwerks handelt – ist die Qualität der Schlitzwandfugen zwischen den einzelnen Lamellen von besonderer Bedeutung. Für die Konstruktion der Fugen haben sich zwei grundsätzlich verschiedene Systeme etablieren können, von denen zum einen Fugenelemente gehören, die in der Schlitzwand verbleiben und zum anderen solche, die nach Aushub der an das Primärelement anschließenden Läuferlamelle wieder gezogen werden. Beispiele für beide Systeme sind in Bild 1 dargestellt. Beide Systeme haben Vor- und Nachteile, wobei die zu erreichende Schlitztiefe eine wesentliche Randbedingung darstellt; verbleibende Fugenabschalelemente aus Stahlbeton-Fertigteilen stellen bei größeren Schlitztiefen bereits ein erhebliches Stückgewicht dar, während verbleibende Stahleinbauteile (sog. Flachfuge System Zoch o.ä.) deutlich leichter sind, jedoch bezüglich der erreichbaren Lagegenauigkeit beim Einbau auch empfindlicher. Die wieder zu ziehenden Fugenabschalelemente unterscheiden sich danach, ob sie in vertikaler Richtung oder überwiegend in horizontaler Richtung von der betonierten Primärlamelle abgezogen werden. Konstruktionen ohne Fugenband (z.B. System MFS Stein) zwischen den einzelnen Lamellen lassen sich – wie das klassische Fugenabschalrohr - durchaus vertikal ziehen, während beim Einbau eines Fugenbandes der horizontale Ausbau des Abschalelementes in Richtung der ausgehobenen Läuferlamelle erforderlich ist (z.B. die sog. Bachy-Fuge), um das Fugenband freizulegen.

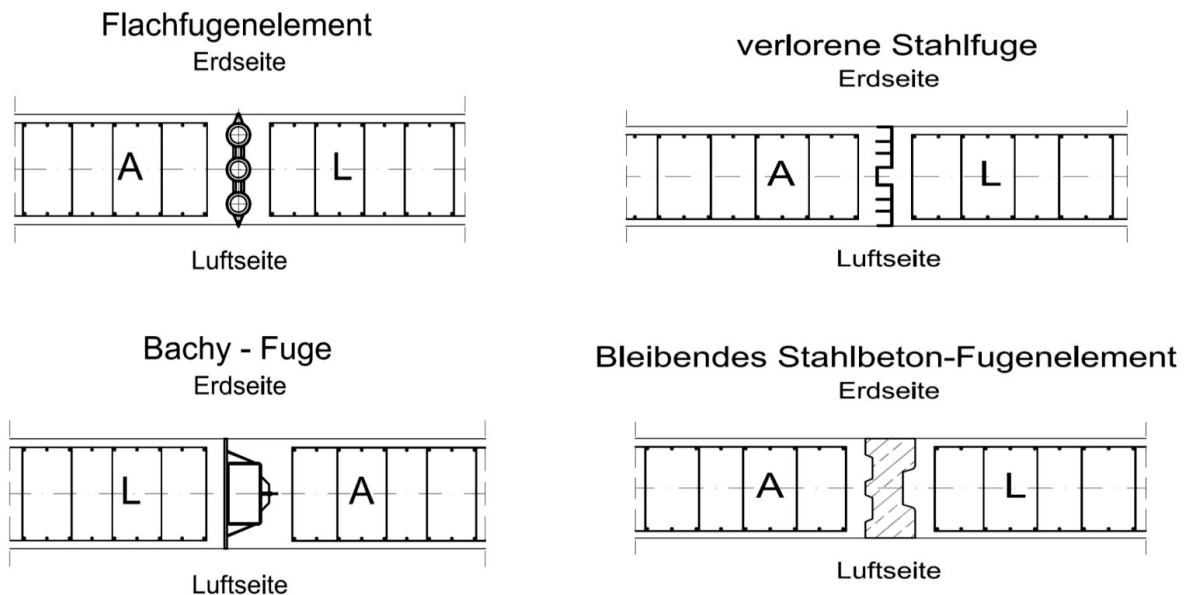


Bild 1: Fugenabschalelemente im Vergleich (U 1)

Neben der in Deutschland nach wie vor üblichen Stützung des auszuhebenden Schlitzwandgrabens mit Bentonitsuspensionen wird im benachbarten europäischen Ausland sowie in Übersee immer häufiger mit Polymerlösungen als Stützflüssigkeit gearbeitet. Als Vorteile dieser Polymerlösungen im Vergleich zu Bentonitsuspensionen werden die leichtere Trennung von Feststoff und Stützflüssigkeit genannt sowie eine geringere chemische Umweltbelastung bei Verwendung von biologisch abbaubaren Polymeren. Dagegen bestehen in Deutschland bei den Genehmigungsbehörden bisher noch erhebliche Vorbehalte gegenüber der Verwendung von Polymeren, obwohl diese sehr häufig auch schon gezielt für die Verwendung als Schlitzwandton optimierten Natur-Bentoniten zugesetzt werden.

Im Vergleich zu einer Bentonitsuspension ist bei einer Polymerlösung ein unterschiedliches Fließverhalten insofern vorhanden, als diese eine kaum ausgeprägte Fließgrenze aufweist. Die Fließgrenze von Bentonitsuspensionen ist maßgeblich für eine begrenzte Eindringtiefe der Stützflüssigkeit in grobkörnigere Böden, so dass diese durch den entlang der Eindringstrecke entstehenden „inneren Filterkuchen“ hydraulisch gestützt werden können. Bei einer Polymerlösung, die eine Scherfestigkeit nur infolge ihrer Viskosität und damit abhängig von der Fließgeschwindigkeit entwickelt, ist theoretisch eine mit der Zeit immer weiter zunehmende Eindringung in den Boden zu erwarten, so dass die Stützwirkung auf die zu stützende Erdwand mit der Zeit nachlässt. Hier konnte in jüngster Zeit jedoch nachgewiesen werden, dass sich auch bei Polymerlösungen eine begrenzte Eindringtiefe in gröberen Böden sicherstellen lässt, wenn die Beladung der gebrauchten Stützflüssigkeit mit Feinkorn aus der vorher durchfahrenen Aushubstrecke berücksichtigt wird (näheres dazu s. U 2). In Bild 2 sind exemplarisch Ergebnisse von Durchströmungsversuchen mit einer mit Quarzmehl beladenen Polymerlösung in Mittel- bis Grobsand dargestellt, die eine sehr schnell eintretende Abfilterung des mitgeführten Quarzmehls in der zuvorderst durchströmten Bodenzone zeigen, über die dann auch der Hauptanteil des Stützdrucks auf das Korngerüst übertragen wird. Mit diesen Erkenntnissen lässt sich dann auch ein



Nachweis der inneren bzw. äußeren Standsicherheit der flüssigkeitsgestützten Erdwand einer Schlitzwandlamelle im Sinne der DIN 4126:2013-09 führen.

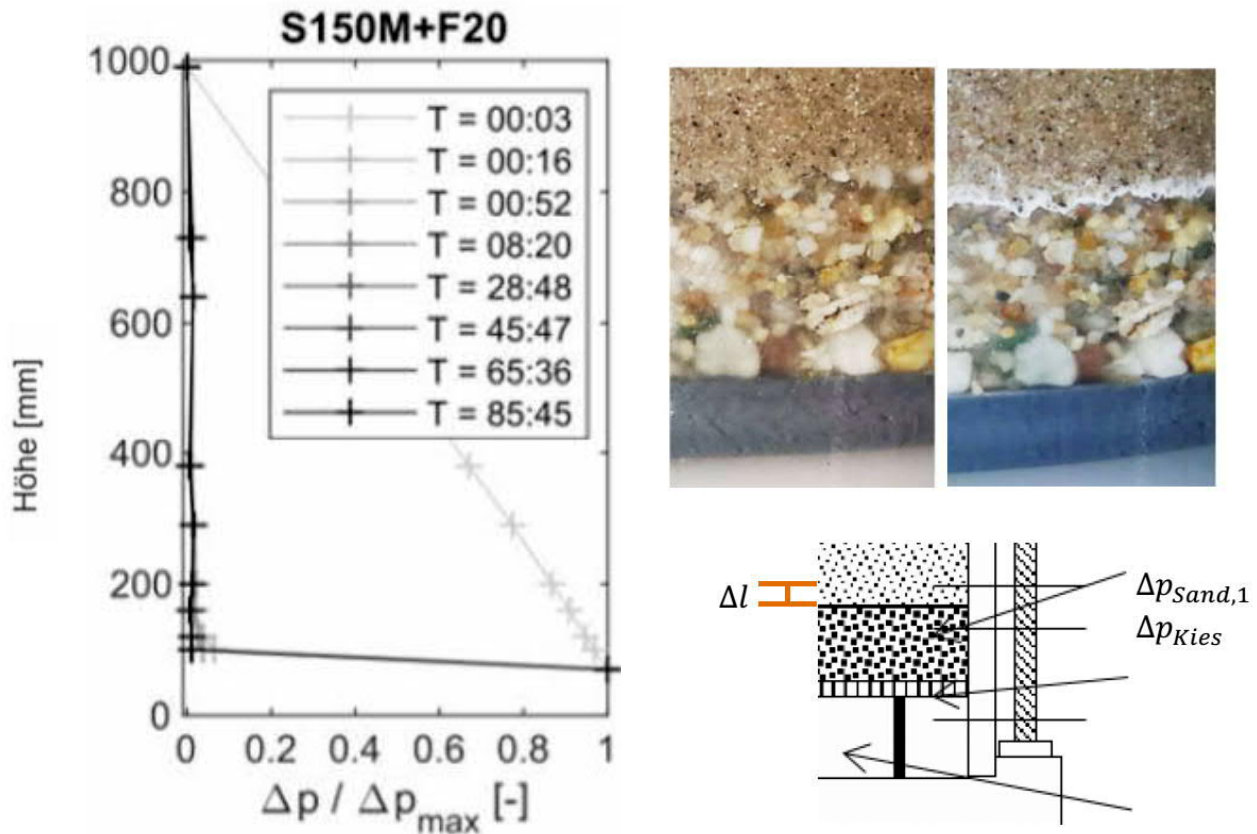


Bild 2: Druckübertragung einer Polymerlösung auf das Korngerüst

Ein weiterer Fokus bezüglich der Qualitätssicherung für eine Stahlbetonschlitzwand sind die Eigenschaften des in die jeweilige Schlitzwandlamelle einzubauenden Frischbetons. Hier ist besonders auf die DIN EN 206:2017-01 zu verweisen, in der im Anhang D nun die gewerkspezifischen Anforderungen an Frischbeton für „besondere geotechnische Arbeiten“ (Spezialtiefbau), d.h. z.B. eben Schlitzwände oder Bohrpfähle übergreifend spezifiziert werden, wie im Einzelnen aus dem Vortrag von Herrn Dr. Beckhaus hervorgeht. Darüber hinaus ist 2018 der EFFC/DFI-Guide „Best Practice Guide to Tremie Concrete for Deep Foundations“ in einer verbesserten zweiten Auflage erschienen, in dem über die vorbeschriebene Norm hinausgehende Prüfungen der Frischbetoneigenschaften im Hinblick auf die Verarbeitbarkeit und Fließfähigkeit des einzubauenden Betons beschrieben sind. Man darf erwarten, dass durch Anwendung solcher erweiterter Prüfmethoden für den Frischbeton die Qualität der endgültigen Stahlbetonschlitzwand (ebenso wie die Qualität von Stahlbetonbohrpfählen) noch verbessert werden wird.

- (U 1) Haugwitz, H. G., Pulsfort, M. (2018): *Pfahlwände, Schlitzwände, Dichtwände*. In: Witt, K.-J (ed.), Grundbau-Taschenbuch, Band 3. Verlag Ernst & Sohn.
- (U 2) Verst, R., Pulsfort, M. (2019): *Einfluss des Polymertyps auf die Standsicherheit polymer-flüssigkeitsgestützter Erdwände*. In: Pulsfort, M. (ed.): Beiträge zum 10. RuhrGeo Tag 2019 – Neue Erkenntnisse und Bauverfahren in der Geotechnik. Shaker-Verlag GmbH, Aachen ISBN 978-3-8440-6560-2.



# **Einflüsse der Ramm- und Vibrationstechnik auf Planung und Bauablauf**

Dipl.-Ing. Sebastian Höhmann, F+Z Baugesellschaft, Hamburg

## **Einleitung**

Die bei der Herstellung von Spundwand- und Gründungselementen verwendete Ramm- und Vibrationstechnik hat teilweise einen erheblichen Einfluss auf die Planungs- und Bauprozesse. Das beauftragte Bauunternehmen bringt jeweils seine eigenen Kompetenzen, Konzepte und Gerätetechnik zur Umsetzung der Baumaßnahme mit. Um einen möglichst reibungslosen Bauablauf gewährleisten zu können, muss dem beauftragten Unternehmen die Möglichkeit gegeben werden, eine baustellengerechte Planung, Arbeitsvorbereitung und Anpassungen bzw. Optimierungen von der herzustellenden Konstruktion durchzuführen. Dies bedeutet, dass insbesondere die Ausführungsplanung in der Verantwortung des Bauunternehmens liegen sollte und Lösungsfindungen gemeinsam mit dem Bauherrn kurzfristig möglich sind. Negative Beispiele über zu detaillierte, jedoch nicht umzusetzende Ausschreibungsplanungen und darauffolgende Streitigkeiten über Verantwortung, Termine und Kosten bei Baumaßnahmen des Spezialtief- und Wasserbaus gibt es zu oft.

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick der Einsatzmöglichkeiten von Geräten, Rammtechnik und deren Auswirkungen auf die Planung gegeben werden.

## **Rammtechnik**

Das Einbringen von Gründungselementen aus Holz, Stahl oder Beton erfolgt meist mittels Rammhämmern oder Vibratoren. Die Auslegung des Rammgutes sowie der Rammtechnik hängt neben statisch konstruktiven Randbedingungen auch von den Beanspruchungen während des Einbringvorganges ab. So überwiegen bei schweren rammbaren Böden nicht die statischen Belange des Bauwerkes, sondern die speziellen Einbringtechniken. Gerade hier ist die Verantwortung und Erfahrung des Bauunternehmens gefragt, um ausreichend robuste und trotzdem noch wirtschaftliche Gründungen herstellen zu können.

Beispielsweise kommen zur Abfangung von Uferwänden bei üblichen Geländesprüngen meist Wellenspundwände zum Einsatz. Hier sollte im Rahmen der Ausschreibung darauf geachtet werden, dass ausreichend robuste Wände aus normallegierten Stählen ( $\leq S355$  GP) verwendet werden. Über die Möglichkeit von Nebenangeboten kann der Bieter entscheiden, ob ein wirtschaftlicheres Spundwandprofil mit beispielsweise höherer Stahlgüte eingesetzt werden kann.

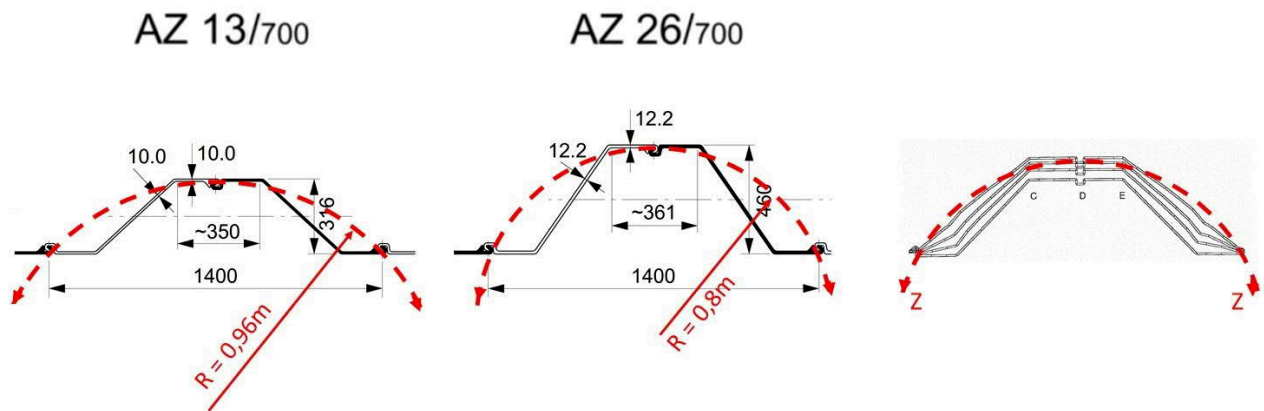


Bild 1: Verformungskapazität von größeren Wellenspundwandprofilen

Die Verwendung von kleineren Profilen mit hohen Stahlgüten bedarf der Umsetzung mit einer erfahrenen Rammmannschaft und entsprechender Rammführung. Bild 1 zeigt exemplarisch die hohe Verformungskapazität und „Gutmütigkeit“ von Wellenprofilen mit hohem Steg. Insbesondere bei der Herstellung kombinierter Wände ist für die Sicherstellung eines hochwertigen Endproduktes ein geeignetes Rammkonzept auszuarbeiten und erfahrenes Personal erforderlich.

## Vibratoren

Für das Einbringen von Spundwänden ist die Verwendung von Vibratoren oft das wirtschaftlichste Verfahren. Zudem sind diese im Vergleich zu Rammgeräten weitaus geräuscharmer. In den vergangenen Jahren hat sich insbesondere durch den Einsatz in der Offshoreindustrie die Gerätetechnik weiterentwickelt.



Bild 2: Einsatz eines Vibrators mit 500kgm statischem Moment beim Einbringen (links) und Ziehen (rechts) von großen Stahlrohrpfählen (F+Z Baugesellschaft)



Das Einsatzgewicht solcher Geräte liegt bei über 40 t und bedarf der Unterstützung entsprechender Hebezeuge. Im Vergleich zu erforderlichen Rammgeräten sind Vibratoren mehr als halb so schwer und können bei geeigneten Böden das Rammgut innerhalb kurzer Zeit schonend auf Tiefe bringen. Mit Blick auf den Pfahlwiderstand von einvibrierten Gründungselementen haben Untersuchungen gezeigt, dass in locker bis mitteldicht gelagerten Sanden eingebrachte Tragelemente eine im Vergleich zur schlagenden Rammung höhere Tragfähigkeit aufweisen. Bei mitteldicht bis dicht gelagerten Sanden bewirkt die Vibrationsrammung eher Auflockerungen und damit eine Tragfähigkeitsminderung.

## Rammbären

Neben dem Bohren ist das schlagende Rammen mit dem Einsatz von Rammbären der klassische Weg zum Einbringen von Gründungselementen. Hier gibt es verschiedene Systeme, wobei Hydraulikbären, Diesalbären und Freifallbären die gängigsten Verfahren sind.



*Bild 3: Diesalbär an Stummelmäkler und Hydraulikbär an Rammeinrichtung*

Bei der Herstellung von Ortbetonrammpfählen, bei denen das Rammrohr gezogen und wiederverwendet wird, eignet sich der Einsatz von wartungsarmen Bären mit hohem Wirkungsgrad. Aufgrund der nicht so hohen Stoßkraft wird der Stahl des Rammrohres schonender belastet. Doppelt beschleunigte Hydraulikbären eignen sich insbesondere zur Herstellung von Schrägpfählen, da hier die Energieverluste sehr gering sind. Zudem sind diese Bären leichter als vergleichbare Freifallbären. Jedoch eignen sich Freifallbären aufgrund der langen Einwirkzeit beim Stoß bei schwer rammbaren Böden (Bild 4)

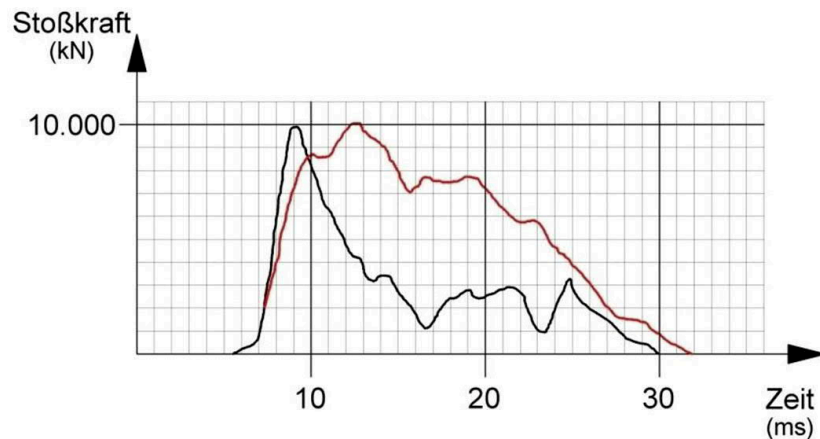


Bild 4: Stoßzeit eines Hydraulikbären (schwarz) und eines Freifallbären (rot)

## Rammführung

Bei der Herstellung von Spundwänden und gerammten Gründungselementen gelten unterschiedliche Anforderungen an die Herstelltoleranzen. So können beispielsweise Rammabweichungen von einzelnen Gründungselementen bei Pierplatten relativ leicht über Anpassungen des Überbaus kompensiert werden. Bei Spundwänden, aber auch bei Dalben gelten höhere Anforderungen an Parallelität, Rammflucht, Verdrehung und Abstand. Entsprechende Toleranzen können beispielsweise der EAU oder der DIN EN 12063 entnommen werden. Insbesondere bei kombinierten Spundwänden müssen spezielle Rammtoleranzen zwischen Bauherr und Bauunternehmen festgelegt werden. Neben dem genauen Einmessen vor Ort ist die Wahl der erforderlichen Rammführung von entscheidender Bedeutung für die Herstellung eines guten „Endproduktes“!



Bild 5: Mäklergeführte doppelte Rammführung (links) und einfache Rammführung (rechts) zur Herstellung kombinierter Spundwände

# **Verankerungen mit Verpressankern und Mikropfählen – Bemessung, Ausführung und Prüfung**

Dipl.-Ing. Klaus Dietz, Dietz Geotechnik Consult GmbH, Hilden

## **1. Einleitung**

Verpressanker sind seit Jahrzehnten ein bewährtes Verankerungselement bei Hangsicherungen, Stützwänden und Baugruben. Mikropfähle, früher als Kleinbohrverpressfähle bezeichnet, wurden zunächst nur für Gründungen in nicht tragfähigem Baugrund oder als Ersatz für verfaulte Holzpfähle eingesetzt. Ein weiteres Einsatzgebiet von Mikropfählen als Zugelement ist die Sicherung von Gebäuden gegen Auftrieb. Da die zum Einbau der Tragglieder notwendigen Geräte und auch einige Tragglieder identisch sind, kommt inzwischen der Mikropfahl immer häufiger statt vorgespannter Verpressanker als Verankerungsmittel zum Einsatz. Problematisch ist außerdem, dass Mikropfähle aus Hohlstäben mit aufgerolltem Gewinde fälschlicherweise häufig als Anker bezeichnet werden. Oft werden statische Wirkungsweise, Lastabtragung im Baugrund und Prüfung unzulässig durchmischt. Dies führt dazu, dass unter Umständen das notwendige Sicherheitsniveau nicht eingehalten wird oder durch ungenaue Vertragsgestaltung Abrechnungs- oder Gewährleistungsprobleme auftreten. Um dies zu vermeiden werden nachfolgend die Verankerungssysteme kurz erläutert und Hinweise zur Vermeidung von Unstimmigkeiten im Vorfeld und während einer Baumaßnahme gegeben.

## **2. In Deutschland anzuwendende Normen**

Seit Mitte 2012 sind in Deutschland die Bemessungsnorm DIN EN 1997-1 (EC7-1) entsprechend dem Teilsicherheitskonzept und die relevanten Ausführungsnormen für Verpressanker und Mikropfähle bauaufsichtlich eingeführt.

Für die bauaufsichtliche Einführung der Norm „DIN EN 1997-1 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik -Teil 1: Allgemeine Regeln deutsche Fassung EN 1997-1:2004+AC:2009“ war es notwendig gemäß den Vorgaben, einen nationalen Anhang „DIN EN 1997-1:2009-09/NA:2010-12 nationaler Anhang – festgelegte Parameter“ zu erstellen und in „DIN 1054:2010-12 Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau-Ergänzende Regeln zu DIN EN 1997-1“ weitere Regelungen zu treffen. Nur mit der Hauptnorm und den beiden normativen Ergänzungen ist die Anwendung des Teilsicherheitskonzeptes für die Bemessung möglich. Da der parallele Gebrauch von drei Normen für den Anwender unzumutbar ist, ist ein Normenhandbuch zusammengestellt worden in dem die Ergänzungen im Fließtext der Hauptnorm eingefügt worden sind. Damit ist es möglich eine Bemessung der Stützkonstruktion und der Sicherungselemente unter Beachtung aller Regeln sicher durchzuführen.

Zur bauaufsichtliche Einführung der europäischen Ausführungsnormen war es in Deutschland ebenfalls notwendig, ergänzende Regelungen zu treffen. Für die ergänzenden Regeln wurden sogenannte DIN-Spezifikationen (DIN SPEC) in den Normenausschüssen erarbeitet. Die Norm für Verpressanker DIN EN 1537 wird durch DIN SPEC 18537 und die Norm für Mikropfähle DIN EN 14199 durch DIN SPEC 18539 ergänzt. Für im Verdrängungsverfahren eingebrachte Mikropfähle, ist auch DIN EN 12699



zu beachten. Für die Ausführungsnormen sind ebenfalls Normenhandbücher aufgelegt worden, die dem Anwender die Übersicht erleichtern.

Die Prüfung von Verpressankern ist verbindlich gemäß der bauaufsichtlich eingeführten DIN SPEC 18537, Anhang F, durchzuführen. Die Ermittlung der notwendigen Prüfkraft ist in DIN EN 1997-1 Abschnitt 8 geregelt. Nach bauaufsichtlicher Einführung der im Mai 2019 veröffentlichte DIN EN ISO 22477-5 entfällt der Abschnitt F der DIN SPEC 18537 und die Ankerprüfung ist nach dieser Norm auszuführen. Das Prüfverfahren entspricht aber der bisherigen Praxis, so dass keine Anpassungen notwendig werden.

Für Mikropfähle ist zur Ermittlung der Prüfkraft der Abschnitt 7 in DIN EN 1997-1 heranzuziehen. Die Prüfung von Mikropfählen ist bisher nicht in einer bauaufsichtlich eingeführten Norm geregelt. Hinweise zur Durchführung von Pfahlprüfungen sind in den Empfehlungen des Arbeitsausschusses Pfähle (EA-Pfähle) der DGGT gegeben. Die EA-Pfähle haben in Deutschland einen normähnlichen Charakter.

Die derzeit in Deutschland bauaufsichtlich eingeführten Normen sind zusammenfassend im Literaturverzeichnis aufgeführt.

### 3. Aufbau der Zugglieder

In den einschlägigen Normen sind der Aufbau von Verpressankern und Mikropfählen klar beschrieben. Demnach müssen Verpressanker „aus einem Ankerkopf, einer freien Ankerlänge und einer Krafteinleitungslänge“ (Zitat DIN EN 1537), bestehen.

In DIN SPEC 18539 heißt es: „Verbundpfahl, Pfahl mit durchgehendem Tragglied, wobei das Verfüll-/Verpressgut das Tragglied auf ganzer Länge im Baugrund umschließt und die Kraft durch Verbund vom Tragglied durch das Verfüll-/Verpressgut auf den Baugrund übertragen wird“.

Die Beschreibung der Zugglieder bedingt einen deutlich unterschiedlichen Aufbau der Tragglieder.

Beim Verpressanker wird konstruktiv eine freie Ankerlänge ausgebildet in dem das Zugglied in einem Hüllrohr, beim Daueranker einschließlich dauerhaften Korrosionsschutz, frei beweglich bis zum Beginn (Verbundanker) oder Ende (Druckrohranker) der Krafteinleitungslänge geführt wird. Erst in der Krafteinleitungslänge kann die Abtragung der Ankerkraft in den Baugrund erfolgen (Bild 1).

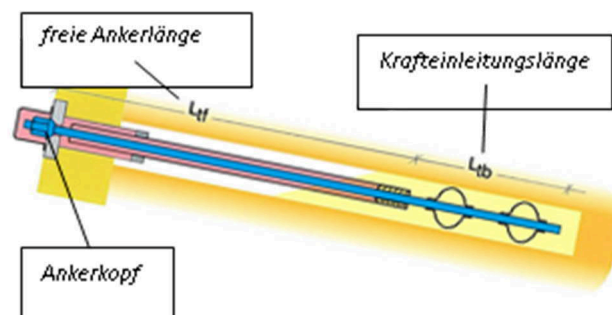


Bild 1: Aufbau eines Verpressankers

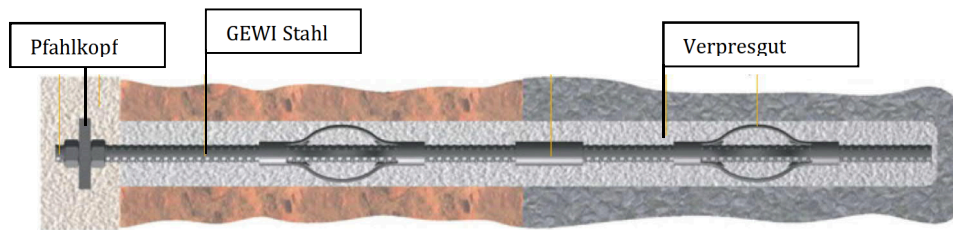


Bild 2: Aufbau eines Mikropfahls (Firmenprospekt DSI)

Der Aufbau eines Mikropfahls ist in Bild 2 dargestellt. Das Tragglied, meist ein Stab mit beidseitig aufgewalzten Gewinderippen, ist auf ganzer Länge mit Verpressgut umgeben. Die Krafteinleitung erfolgt über die gesamte Länge des Pfahlschaftes in Abhängigkeit der aufnehmbaren Mantelreibung des umgebenden Baugrunds.

#### 4. Bemessung

Die Länge des Zuggliedes für eine Rückverankerung wird durch den Nachweis in der tiefen Gleitfuge bestimmt. Gemäß EAU geht die tiefe Gleitfuge durch den Mittelpunkt der Krafteinleitungslänge. Bei Verpressankern ist diese Größe klar definiert und konstruktiv ausgebildet. Dies ist bei Mikropfählen durch die Art der Herstellung nicht der Fall. Verpressanker werden in der Regel mit einer bei der Bemessung ermittelten Festlegekraft vorgespannt während Mikropfähle schlaff eingebaut werden. Deshalb sind geringe Verformungen notwendig, damit ein Mikropfahl Zugkräfte ableiten kann.

#### 5. Ausführung

Für die Herstellung von Verpressankern und Mikropfählen können die gleichen Gerätekonfigurationen verwendet. Die Herstellung der Bohrlöcher und das Einbauen der Tragglieder ist für Vollstabpfähle identisch. Der wesentliche und entscheidende Punkt im dem sich die Herstellverfahren von Mikropfählen und Verpressankern unterscheiden, ist die Tatsache, dass Mikropfähle auf ganzer Länge, also bis Unterseite des Pfahlkopfes mit Zementstein umgeben sein müssen, somit auf ganzer Länge Verbund zum Baugrund haben.

Für Verpressanker wird dagegen zwingend verlangt, dass der Kontakt zum Bauwerk (Widerlager) durch Ausspülen der freien Ankerlänge unterbunden wird. Damit wird sichergestellt, dass zwischen Anker und Bauwerk kein Kraftschluss auftreten kann.

#### 6. Prüfung

Die Überprüfung der äußeren Tragfähigkeit ist für beide Zuggliedtypen verbindlich vorgeschrieben. Bei Verpressankern müssen alle Bauwerksanker einer Abnahmeprüfung unterzogen werden. Die Prüfkraft beträgt das 1,5 fache der charakteristischen Ankerkraft. Zusätzlich müssen auf jeder Dauerankerbaustelle vorab Eignungsprüfungen an 3 Ankern durchgeführt werden.

Demgegenüber müssen bei Mikropfählen nur 3 % aller Pfähle einer Probelastungen unterzogen werden wobei die maximale Prüfkraft jedoch etwa dem 2,0 fachen der charakteristischen Pfahlbelastung entspricht. Außerdem ist bei der Versuchsdurchführung darauf zu achten, dass die Mantelreibung am Pfahlschaft außerhalb der vorgesehenen Krafteinleitungslänge konstruktiv ausgeschaltet werden muss.

## 7. Praxishinweise zur Vermeidung von Problemen auf der Baustelle

Die folgenden Punkte sollten bei den Überlegungen ob eine Rückverankerung mit Verpressankern oder Mikropfählen ausgebildet wird beachtet werden:

- Der Planer einer Rückverankerung muss im Entwurfsstadium klären ob die Verformungen zur Aktivierung der Pfahlkraft für das neu zu erstellende Stützbauwerk verträglich sind oder ob vorgespannte Verpressanker eingesetzt werden müssen. Dies gilt insbesondere auch für im Einflussbereich der Baumaßnahme liegende Bauwerke.
- Der Baugrund muss dahingehend beurteilt werden, ob bei der Verwendung von Pfählen die Pfahlkraft tatsächlich in die für die Krafteinleitung notwendige Tiefe geleitet wird.
- Beim Einsatz von Pfählen muss die Pfahlprüfung so durchgeführt werden, dass die tatsächlich erforderliche Krafteinleitungslänge geprüft wird. Die dazu notwendigen Maßnahmen wie z. B. Einbau von Überschubrohren zur Ausschaltung der Mantelreibung sind mit auszuschreiben.
- Eine Rückverankerung mit Mikropfählen darf nicht mit den Teilsicherheiten von Verpressankern geprüft werden.
- Für Mikropfähle ist bauaufsichtlich bisher nur die Kopfeinbindung in Beton zugelassen. Werden Mikropfähle für die Verankerung von Spundwänden eingesetzt, muss die Kopfausbildung konkret vereinbart werden. Die Korrosionsschutzmaßnahmen entsprechend den Zulassungen für Verpressanker sollten beachtet werden.

Die Bemessung, Ausführung und Prüfung von Verpressankern und Mikropfählen erfordert sowohl gründliche Kenntnis in der Bauart, Erfahrung in der Wahl des geeigneten Bohrverfahrens sowie in der Durchführung von Prüfungen und Ausbildung des Korrosionsschutzes an den Köpfen. Deshalb muss sichergestellt werden, dass nur qualifizierte Planer und Spezialtiefbauunternehmen mit der Ausführung beauftragt werden. Diese Voraussetzungen gelten selbstverständlich auch für die Bauüberwachung.

Außerdem muss nach dem Setzen der Tragglieder ausreichend Zeit für das Aushärten des Verpressgutes und die Durchführung von Abnahmeprüfungen oder Probelastungen eingeplant werden.

## Literatur

- DIN EN 1997-1:2009-09, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
- DIN EN 1997-1/NA:2010-12, Nationaler Anhang- National festgelegte Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
- DIN 1054:2010-12, Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- DIN 1054/A1:2012-08, Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1; Änderung A1:2012
- DIN 1054/A2:2015-11, Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1; Änderung A2:2015
- Normen - Handbuch Eurocodes: Handbuch Eurocode 7 Geotechnische Bemessung, Band 1: Allgemeine Regeln, 2. Aktualisierte Auflage, Beuth Verlag, 2015

- DIN EN 1537:2014-07, Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Verpressanker  
DIN SPEC 18537:2017-11, Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 1537:2014-07  
DIN EN 14199:2012-01, Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Mikropfähle  
DIN SPEC 18539:2012-02, Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 14199:2012-01  
Normen - Handbuch: Handbuch Spezialtiefbau Gesamtausgabe, Band 1: Mikropfähle, Band 2: Verdrängungspfähle, Band 3 Bohrpfähle, Band 4 Verpressanker, Beuth Verlag, 2013  
DIN EN ISO 22477-5:2019-05, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Prüfung von geotechnischen Bauwerken und Bauwerksteilen - Teil 5: Prüfung von Verpressankern  
EA-Pfähle (2012), 2. Auflage Verlag Ernst & Sohn  
Dietz, K (2010) Verpressanker und Mikropfähle – zwei Zuelemente im Wettbewerb, Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Anwendung, 7. Kolloquium Bauen in Boden und Fels Technische Akademie Esslingen  
Dietz, K (2016), Verpressanker oder Mikropfahl, das ist hier die Frage - Hinweise zur Entscheidungsfindung, 10. Kolloquium Bauen in Boden und Fels Technische Akademie Esslingen  
Breit, K ; Dietz, K (2017), Ankertechnik und Normung in Deutschland und Österreich unter Einbeziehung des gesamteuropäischen Aspektes; Beiträge zum 32. Christian Veder Kolloquium , Graz  
Dornecker, E. (2019), Verankerungen - aktuelle und zukünftige Normungssituation für Bemessung, Herstellung und Prüfung sowie Hinweise zu deren Anwendung; Beiträge zum 10. RuhrGeo Tag 2019, Wuppertal





## **Das Projekt Neue Schleusen DEK-Nord und die praktische Anwendung verschiedener Bauverfahren**

Dipl.-Ing. Birgit Maßmann, Wasserstraßen-Neubauamt Datteln

Die Nordstrecke des Dortmund-Ems-Kanals (DEK), auch „Schleusentreppe Rheine“ genannt, beinhaltet auf einem Streckenabschnitt von 29 km die Schleusen Bevergern, Rodde, Altenrheine, Venhaus, Hesselte und Gleesen. Die heute noch in Betrieb befindlichen alten Großen Schleusen Bevergern, Rodde, Venhaus, Hesselte und Gleesen sind inzwischen über 100 Jahre alt und haben das Ende Ihrer Lebensdauer erreicht. Die zwischen den Schleusen Rodde und Venhaus liegende Schleuse Altenrheine wurde bereits 1974 durch einen Neubau ersetzt. Damit auch zukünftig die DEK-Nordstrecke zuverlässig und dauerhaft betrieben werden kann, ist auch ein Ersatz der übrigen Schleusenbauwerke der Schleusentreppe Rheine erforderlich.

Dazu sollen die vorhandenen Bauwerke durch neue Schleusen mit 140 m Nutzlänge und 12,50 m Kammerbreite ersetzt werden. Die Schleuse Altenrheine wurde seinerzeit mit einer nutzbaren Kammerlänge von 190 m und einer Kammerbreite von 12,00 m gebaut. Durch die gewählten Abmessungen können zukünftig auch Großmotorgüterschiffe (GMS) und übergroße Großmotorgüterschiffe (üGMS) mit einer Breite von 11,45 m die Schleusentreppe Rheine passieren. Dies entspricht einer teilweisen Umgestaltung des betroffenen Streckenabschnitts zur Wasserstraßenklasse Va gemäß dem Klassifizierungssystem für europäische Wasserstraßen.

Mit Projektbeginn in 2008 wurde bei damaligem Kostenansatz von rd. 168 Mio. Euro die Erwartungshaltung formuliert, in zehn Jahren sämtliche Planungsleistungen, Baurecht und Bauabwicklung für fünf Schleusenanlagen einschließlich Vorhäfen umzusetzen. Diese zwar unrealistische Zielsetzung erforderte für das Wasserstraßen-Neubauamt Datteln jedoch das Beschreiten neuer Wege für die Organisation einer schnellstmöglichen Projektabwicklung. Konkret bedeutete dies die Erfassung von zielführenden Auftragsgestaltungen mit minimierten Schnittstellen für Planung, Qualitätssicherung, Prüfeningenieur- und Bauleistung bei budgetierter Personalkapazität.

Für die Erlangung des Baurechts wurde für jedes betroffene Bundesland ein Planfeststellungsverfahren durchgeführt, d.h. jeweils ein Verfahren für die in Nordrhein-Westfalen liegenden Schleusenstandorte Bevergern und Rodde und für die in Niedersachsen liegenden Schleusenstandorte Venhaus, Hesselte und Gleesen.

Die beiden Planfeststellungsverfahren wurden jeweils mit Bekanntmachung im Oktober 2012 eingeleitet. Der Planfeststellungsbeschluss für Niedersachsen vom 06.02.2015 wurde von vier Betroffenen beklagt. Zwischenzeitlich wurden drei Klagen ausgeräumt und infolge von vier rechtskräftigen Anordnungen der sofortigen Vollziehung besteht Baurecht für die Maßnahmen am Schleusenstandort Gleesen und Venhaus.

Der Beschluss für Nordrhein-Westfalen vom 22.09.2017 wurde ebenfalls beklagt. Mit Ausräumung der Klage ist der Planfeststellungsbeschluss für die Schleusenstandorte Rodde und Bevergern seit dem 13.07.2018 bestandskräftig.

Parallel zu den Planfeststellungsverfahren erfolgte der Planungsprozess. Die fünf aufzustellenden Entwürfe-AU und die daraus zu entwickelnden zwei bis fünf Ausschreibungsunterlagen je Schleusenstandort wurden und werden noch quasi „in Serie“ bearbeitet. Dabei wird der zeitlichen Entwicklung zum Baurecht durch Anpassung der Bearbeitungsprioritäten Rechnung getragen.

Dies konnte nur mit einem konsequenten Risiko- und Projektmanagement gelingen. Ebenso waren im Planungsprozess zusätzliche Zwänge aus Standardisierungsanforderungen, dem standortübergreifenden Bodenmanagement sowie aktuellen Erkenntnissen zum Baugrund (Grundwasserbelastung aus kalklösender Kohlensäure) zu bewältigen. Insbesondere die genannten baugrundinduzierten Änderungen hatten unvermeidbare Auswirkungen auf Planungsinhalte, Vergabetermine, Bauzeiten und Baukosten. Der zwischenzeitliche Kostenansatz für das Projekt liegt bei rd. 550 bis 600 Mio. Euro.



*Bild 1: Schleusenanlage Gleesen mit der alten Großen (links) und der alten Kleinen Schleuse (rechts)*



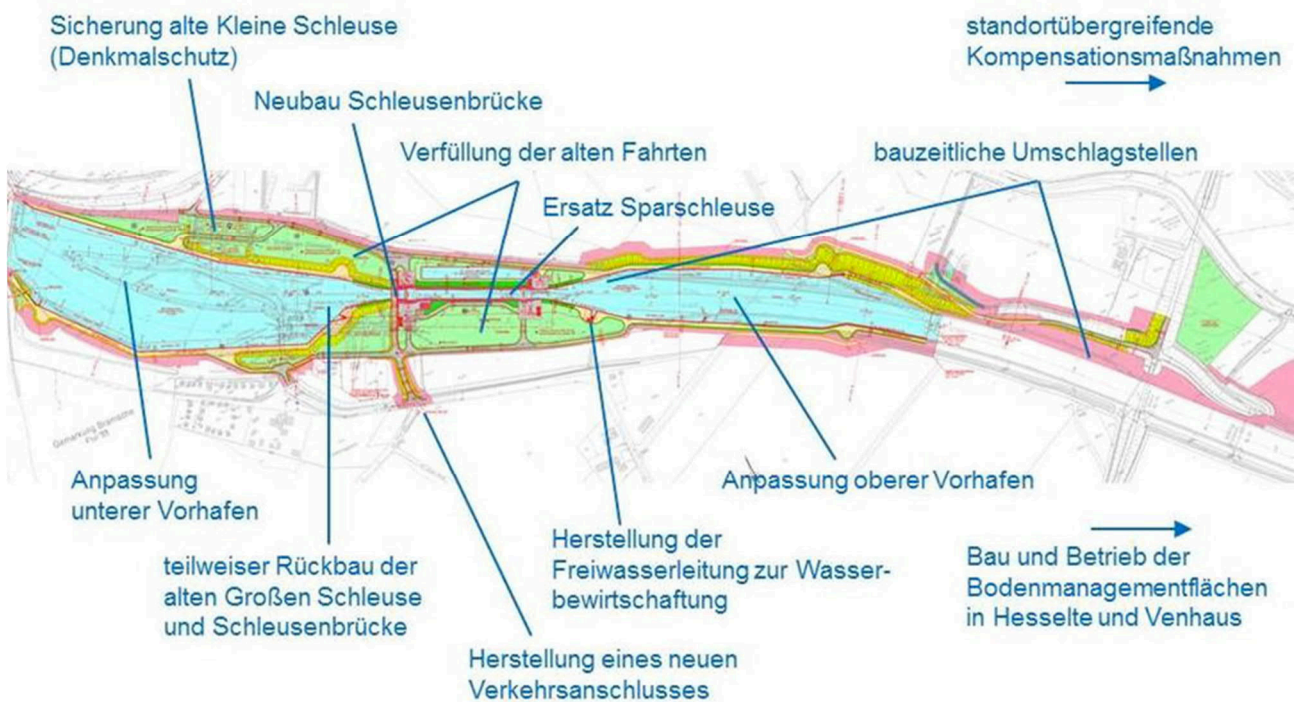


Bild 2: Maßnahmenumfang am Schleusenstandort Gleesen

Maßgebend für die Gestaltung der Bauverträge ist die Ausführungssicherheit, die Wirtschaftlichkeit, die technischen Anforderungen sowie die Anforderungen aus dem Bodenmanagement (Flächeninanspruchnahmen, Minimierungsgebot) und die organisatorischen Abwicklungsmöglichkeiten des Auftraggebers bei begrenzter Personalkapazität. Dabei ist das Vergaberecht ein Hilfsmittel zum Gewinnen von Auftragnehmern bzw. Umsetzungspartnern. Es darf jedoch nicht zum Maßstab für die Aufgabenorganisation und Personalbemessung werden.

Im Regelfall werden die Baumaßnahmen an den jeweiligen Standorten in einen Bauabschnitt 1 mit Vorarbeiten, einen Baubauabschnitt 2 mit Schleusenanlage, Schleusenbrücke, Schleusengelände und Freiwasserleitung (Gewerke: Erdbau, Massivbau, Stahlwasserbau und EMSR-Technik) und einen Bauabschnitt 3 mit gedichteten Vorhafenbereichen (Gewerke: Erdbau- und Spundwandarbeiten sowie tlw. Dichtungsarbeiten) unterteilt. Für einzelne Standorte wurden bei Bedarf zusätzliche Bauabschnitte berücksichtigt.

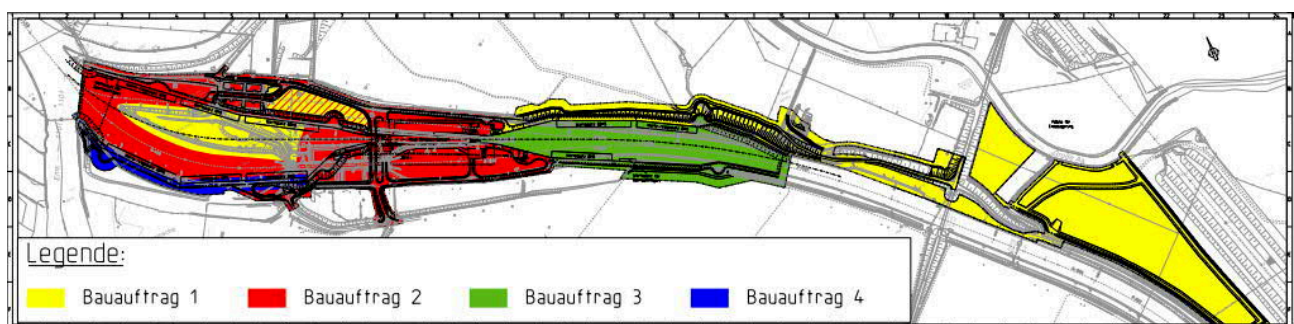


Bild 3: Aufteilung der Bauleistung in Vergabeabschnitte am Beispiel Schleuse Gleesen

Zwischenzeitlich kann festgestellt werden, dass mit Projektbeginn in 2008, d.h. in den zurückliegenden 12 Jahren folgender Projektfortschritt erzielt wurde:

- Durchführung von zwei Planfeststellungsverfahren mit Baurecht für vier von fünf Schleusenstandorten
- Durchführung von Voruntersuchungen und Alternativendiskussion für das gesamte Projektgebiet
- Aufstellung eines neuen Entwurf-HU
- Aufstellung von vier Entwürfen-AU für die Schleusenstandorte Gleesen, Hesselte, Venhaus und Rodde; Bevergern befindet sich in der Bearbeitung
- Erarbeitung von Standardisierungsplanungen
- Aufstellung von Ausschreibungsunterlagen sowie Durchführung von sechs EG-weiten Vergabeverfahren mit Bauabwicklung am Standort Gleesen seit 2016; kontinuierliche Aufstellung weiterer Ausschreibungsunterlagen
- Beginn der Bauabwicklungen an den Standorten Venhaus und Rodde ab Anfang 2020

Für die Wahl der Bauverfahren müssen insbesondere folgende öffentlich-rechtliche und standortbezogene Anforderungen berücksichtigt werden:

#### **Erschütterungen:**

Der AN hat die in der DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen Teil 3 (Einwirkungen auf bauliche Anlagen) genannten Anhaltswerte einzuhalten. Der in der DIN 4150 Teil 2 (Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden) Stufe II genannte untere Anhaltswert  $A_u = 0,8$  ist am Standort Gleesen außerhalb eines Radius von mehr als 60 m voraussichtlich eingehalten. Um Belästigungen aus Erschütterungseinwirkungen zu mindern und zu begrenzen, sind Spundwände nur mit Hochfrequenzvibratoren mit variablen Unwuchten für kräftefreien An- und Auslauf mit Drehzahlen von  $f \geq 33$  Hz einzubringen. Rammbar und Aggregat sind so zu dimensionieren, dass ein Mindestrammfortschritt von 0,50 m pro Minute erzielt wird. Der Rammfortschritt und die Drehzahl der Vibrationsramme sind zu überwachen und zu protokollieren. Die Einhaltung der Vorgaben wird durch die vor Ort tätige Bauüberwachung des AG kontrolliert. Bei Unterschreitung des Mindestrammfortschritts müssen die betreffenden Geräte zum Einbringen der Stahlspundbohlen auf Verlangen des AG ausgewechselt werden.

#### **Lärm:**

Die Stahlspundwände sind aus Lärmschutzgründen mittels Vibrationsverfahren einzubringen.

Die Herstellung der Schleusenbaugrube sollte gemäß Ausschreibung zur Verringerung des Baulärms im Vergleich zur Spundwandbauweise mit einer Bohrpfahlwand erfolgen. Zur Ausführung kommt allerdings eine in der Herstellung noch lärmärmere Schlitzwand.

#### **Grundwasser:**

Gemäß dem hydrogeologischen Gutachten sind keine relevanten Veränderungen der Grundwasserhältnisse und -strömungen im Endzustand zu erwarten. Bei der Herstellung der Sicherungswand für die Schleusenbaugrube, der Anpassung des OVH sowie der Abtrennung der aktuellen Fahrt auf der linken Seite des OVH wird es jedoch durch die Aufnahme einer technischen Dichtung und darunter anstehender, gering durchlässiger Sedimentschichten voraussichtlich lokal zu einem temporären Anstieg der Grundwasserstände kommen. Für die örtliche Begrenzung dieses Anstiegs sind zum Schutz

der eng angrenzenden Bebauung entsprechende Wasserhaltungsmaßnahmen durchzuführen. Im Umfeld der Baumaßnahme wurden bereits zahlreiche Grundwassermessstellen zur Kontrolle hergestellt.

**Baugrund:**

Bei der Baumaßnahme kommen Rundstahlanker als Daueranker mit Ankertafeln und eingespannten Ankerwänden sowie als Bestandteil von Fangedammkonstruktionen vor.

Aufgrund der Grundwasserbelastung infolge kalklösender Kohlensäure ist die Verwendung von Verpressankern am Schleusenstandort Gleesen ausschließlich von temporären Verpressankern zur Rückverankerung der Sparbeckenbaugrube und Dauerverpressankern (temporäre Verpressanker mit Ausbildung des Korrosionsschutzes wie Daueranker) zur Verankerung der bauzeitlichen Sicherungswand des UVH zulässig. Der Einsatz von Verpresskörperlösungen für Dauerbauwerke ist gemäß den Gründungsempfehlungen ausgeschlossen. Alternativ müssen Rammpfähle zum Einsatz kommen.

Aufgrund der Grundwasserbelastung infolge kalklösender Kohlensäure ist der Einsatz von Mikroverpresspfählen gemäß DIN EN 14199 auch nur für die temporär erforderliche Rückverankerung der Unterwasserbetonsohle der Schleusenbaugrube (ohne Verlängerung der Mikroverpresspfähle in die Sohle der Schleuse) möglich.

Unter Berücksichtigung der v.g. Anforderungen kommen am Schleusenstandort Gleesen folgende Verfahren zum Einsatz:

- Wasserhaltung
- Einbringen von Rammpfählen
- Einbringen von Spundwänden
- Schlitzwandarbeiten





## Notizen

## Notizen





Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur



Kußmaulstraße 17 · 76187 Karlsruhe  
Tel.: +49 (0) 721 9726-0 · Fax: +49 (0) 721 9726-4540

[www.baw.de](http://www.baw.de)

Wedeler Landstraße 157 · 22559 Hamburg  
Tel.: +49 (0) 40 81908-0 · Fax: +49 (0) 40 81908-373